

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta mechatroniky, informatiky a mezioborových studií

Studijní program: N2612 Elektrotechnika a informatika

Studijní obor: Mechatronika

Dálkové ovládání spotřebičů prostřednictvím technologie WiFi

WiFi remote controller for electrical appliance

Diplomová práce

Autor: **Marvin Gjepali**

Vedoucí práce: Ing. Michal Kotek, Ph.D.

Konzultant práce: Ing. Lubomír Slavík, Ph.D.

V Liberci 15. května 2013



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta mechatroniky, informatiky a mezioborových studií
Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Marvin Gjepali**
Osobní číslo: **M11000269**
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Mechatronika**
Název tématu: **Dálkové ovládání spotřebičů prostřednictvím technologie WiFi**
Zadávající katedra: **Ústav řízení systémů a spolehlivosti**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Prostudujte principy funkce systémů dálkového ovládání spotřebičů prostřednictvím datových sítí dostupných na současném trhu.
2. Na základě zjištěných skutečností navrhnete topologii a logickou strukturu systému pro ovládání elektrických spotřebičů.
3. Navrhnete a realizujete WiFi klienta, na kterém by bylo možné optimální způsob nastavení přístupových údajů demonstrovat.




Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah pracovní zprávy: **cca 40 stran**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

1. Pechač, P.: Modely šíření vln v zástavbě: Modely pro plánování mobilních rádiových systémů: WLAN, WiFi, DECT, GSM, UMTS. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2005. ISBN 80-7300-186-1.
2. Dostálek, L., Kabelová, A.: Velký průvodce protokoly TCP/IP a systémem DNS. 3. vyd. Brno: Computer Press, 2005. Profi. komunikace & sítě. ISBN 80-7226-675-6.
3. Pinker, J.: Mikroprocesory a mikropočítače. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2004, 159 s. ISBN 80-730-0110-1.
4. Inteligentní budovy: moderní technologie pro inženýry. Český Těšín: Trade Media International, 2012, roč. 2012, č. 69. ISSN 1805-501X (<http://inbudovy.cz>)

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Michal Kotek, Ph.D.**
Ústav řízení systémů a spolehlivosti
Konzultant diplomové práce: **Ing. Lubomír Slavík, Ph.D.**
Ústav řízení systémů a spolehlivosti
Datum zadání diplomové práce: **15. října 2012**
Termín odevzdání diplomové práce: **17. května 2013**


prof. Ing. Václav Kopecný, CSc.
děkan




doc. Ing. Libor Tůma, CSc.
vedoucí ústavu

V Liberci dne 15. října 2012



Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum

Podpis



Poděkování

Tato práce vznikla zásluhou firmy Elitronic s.r.o. a jejího technického ředitele Ing. Stanislava Kouckého, který nabídl zadání práce a nastínil problematiku a vedoucího výzkumu Ing. Radovana Mikuleckého, kterému bych tímto rád poděkoval za jeho odborné rady ohledně návrhu schématu a plošného spoje.

Touto cestou bych rád poděkoval rovněž vedoucímu práce Ing. Michalu Kotkovi, Ph.D. a především mému konzultantovi Ing. Lubomíru Slavíkovi, Ph.D. za vedení mé práce.

Za odborné rady ohledně programové části pro mikroprocesor patří mé poděkování Bc. Pavlu Hynkovi a ohledně programové části pro mobilní aplikaci patří mé poděkování Bc. Matěji Kolářovi.

V neposlední řadě bych rád poděkovat také Ing. Michaela Sehnoutkové za kontrolu tohoto textu.



Abstrakt

Tato práce má za úkol navrhnout a realizovat Wi-Fi klienta, na kterém je možné demonstrovat způsob připojení k bezdrátové síti a ovládat elektrospotřebiče. Problematika je řešena nejdříve po teoretické stránce za účelem vyhledávání vhodné topologie sítě a diskutování problémů s připojením a nastavením bezdrátové komunikace.

Na základě teoretických poznatků je navrženo a realizováno zařízení pro umožňující bezdrátové ovládání elektrospotřebičů pomocí mobilního telefonu.

Klíčová slova

Vzdálené ovládání, Wi-Fi, inteligentní rozvody, datové sítě, mikroprocesory, fázová regulace



Abstract

This work aims to design and implement a Wi-Fi client, on which is possible to demonstrate connection to a wireless network and control appliances. The problem is resolved first theoretically is sought appropriate network topology and is discussed problems with connecting and setting the wireless communication.

Based on theoretical knowledge is designed and implemented to demonstrate the appropriate device wireless control appliances by cellular.

Keywords

Remote control, Wi-Fi, smart wiring, data networks, microprocessors, phase regulation



Obsah

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 1. | PRINCIPY SYSTÉMŮ DÁLKOVÉHO OVLÁDÁNÍ..... | 17 |
| 1.1. | HLAVNÍ CHARAKTERISTIKY | 17 |
| 1.2. | HLAVNÍ FUNKCE SYSTÉMU | 18 |
| 1.2.1. | <i>Spínací jednotky</i> | 19 |
| 1.2.2. | <i>Stmívače a roletové jednotky</i> | 19 |
| 1.2.3. | <i>Sběrníková tlačítka</i> | 19 |
| 1.3. | RADIOFREKVENČNÍ SYSTÉM..... | 19 |
| 1.4. | VZDÁLENÝ PŘÍSTUP ZA POUŽITÍ INTERNETU | 20 |
| 1.5. | VYUŽITÍ TECHNOLOGIE WI-FI | 20 |
| 1.5.1. | <i>Normy Wi-Fi</i> | 21 |
| 1.6. | KONKURENČNÍ VÝROBEK | 23 |
| 2. | NÁVRH TOPOLOGIE A LOGICKÉ STRUKTURY..... | 25 |
| 2.1. | VOLBA VHODNÉ TOPOLOGIE SÍTĚ | 25 |
| 2.1.1. | <i>Přístup přes uživatelský směrovač</i> | 25 |
| 2.1.2. | <i>Přístup přes hostitelský směrovač</i> | 26 |
| 2.2. | ZPŮSOB KONFIGURACE WI-FI ZAŘÍZENÍ | 27 |
| 2.2.1. | <i>Sériové rozhraní USB či RS232</i> | 27 |
| 2.2.2. | <i>Bezdrátové rozhraní Bluetooth</i> | 28 |
| 2.2.3. | <i>Bezkontaktní řešení pomocí NFC</i> | 28 |
| 2.2.4. | <i>Bezdrátové rozhraní Wi-Fi</i> | 28 |
| 2.3. | VOLBA KOMUNIKAČNÍHO PROTOKOLU | 29 |
| 2.3.1. | <i>Typ komunikace</i> | 30 |
| 3. | NÁVRH A REALIZACE DÁLKOVÉHO OVLÁDÁNÍ SPOTŘEBIČE..... | 32 |
| 3.1. | AKČNÍ ČLEN OVLÁDAJÍCÍ SPOTŘEBIČ | 32 |
| 3.2. | WI-FI MODUL A JEHO VLASTNOSTI | 39 |
| 3.3. | PARAMETRY MIKROPROCESORU..... | 40 |
| 3.4. | INDIKACE A LOKÁLNÍ OVLÁDÁNÍ ZAŘÍZENÍ | 41 |
| 3.5. | KOMUNIKACE PROGRAMŮ MIKROPROCESORU A MOBILNÍHO TELEFONU | 42 |
| 3.6. | REALIZACE SCHEMATICKÉHO ZAPOJENÍ | 43 |
| 3.7. | REALIZACE PLOŠNÝCH SPOJŮ A KONSTRUKCE | 50 |
| 3.8. | ALGORITMY PROGRAMŮ | 55 |



| | |
|--------------------------------------|-----------|
| 3.8.1. Program v mikroprocesoru..... | 55 |
| 3.8.2. Mobilní aplikace | 60 |
| 3.8.3. Serverová aplikace | 63 |
| 4. SHRNUÍ | 66 |
| ZÁVĚR | 68 |
| LITERATURA | 69 |
| SEZNAM PŘÍLOH..... | 73 |
| PŘÍLOHY | 74 |



Seznam obrázků

| | |
|--|----|
| OBR. 1 - TOPOLOGIE STÁVAJÍCÍCH INTELIGENTNÍCH ROZVODŮ | 18 |
| OBR. 2 - ZAŘÍZENÍ WEMO SWITCH [6] | 23 |
| OBR. 3 - OVLÁDACÍ SOFTWARE WEMO PRO IPHONE [7] | 24 |
| OBR. 4 - LOGICKÁ TOPOLOGIE VYUŽÍVAJÍCÍ UŽIVATELSKÉHO SMĚROVAČE | 26 |
| OBR. 5 - LOGICKÁ TOPOLOGIE VYUŽÍVAJÍCÍ HOSTITELSKÉHO SMĚROVAČE | 27 |
| OBR. 6 - ZAPOUZDŘENÍ DAT [11] | 31 |
| OBR. 7 - MAXIMÁLNÍ HODNOTY DISIPACE VÝKONU ZÁVISLÉ NA EFEKTIVNÍM PROUDU [12] | 34 |
| OBR. 8 - ROZMĚRY CHLADIČE MC33262 [13] | 35 |
| OBR. 9 - TYPICKÉ ZAPOJENÍ TRIAKU PRO OBECNOU ZÁTĚŽ [16] | 36 |
| OBR. 10 - PRŮBĚHY FÁZOVÉ REGULACE [17] | 37 |
| OBR. 11 - PŘEVODOVÁ FUNKCE FÁZOVÉ REGULACE | 38 |
| OBR. 12 - NÁVRH ZAPOJENÍ PRO DETEKCI PRŮCHODU NAPĚTÍ NULOVOU HODNOTOU | 39 |
| OBR. 13 - TEORETICKÉ PRŮBĚHY NAPĚTÍ DETEKCE PRŮCHODU NAPĚTÍ NULOVOU HODNOTOU | 39 |
| OBR. 14 - PŘIPOJENÍ WI-FI KLIENTA | 43 |
| OBR. 15 - BLOKOVÉ SCHÉMA WI-FI KLIENTA | 44 |
| OBR. 16 - ELEKTRONICKÝ TRANSFORMÁTOR (SPÍNACÍ ZDROJ) [20] | 44 |
| OBR. 17 - NAPÁJECÍ OBVOD | 45 |
| OBR. 18 - SIGNALIZACE | 45 |
| OBR. 19 - LOKÁLNÍ OVLÁDÁNÍ | 46 |
| OBR. 20 - TAKTOVÁNÍ MIKROPROCESORU | 46 |
| OBR. 21 - HODINY REÁLNÉHO ČASU | 47 |
| OBR. 22 - NAPÁJENÍ MIKROPROCESORU | 47 |
| OBR. 23 - PROGRAMOVÁNÍ A LADĚNÍ POMOCÍ SWD | 48 |
| OBR. 24 - ZAPOJENÍ WI-FI MODULU | 48 |
| OBR. 25 - PŘEVODNÍ CHARAKTERISTIKA TEPLOTNÍHO SENZORU [21] | 49 |
| OBR. 26 - ZAPOJENÍ AKTUÁTORU | 50 |
| OBR. 27 - DETEKCE PRŮCHODU NAPĚTÍ NULOVOU HODNOTOU | 50 |
| OBR. 28 - PROUDOVÁ ZATÍŽITELNOST VODIČE [22] | 51 |
| OBR. 29 - IZOLAČNÍ VZDÁLENOSTI NA DPS [23] | 52 |
| OBR. 30 - PARAZITNÍ KAPACITY NA DPS [24] | 52 |
| OBR. 31 - OSAZENÍ PLOŠNÉHO SPOJE | 53 |
| OBR. 32 - REALIZOVANÝ PLOŠNÝ SPOJ | 54 |



| | |
|--|----|
| OBR. 33 - KONSTRUKČNÍ PROVEDENÍ WI-FI KLIENTA..... | 54 |
| OBR. 34 - VÝVOJOVÝ DIAGRAM HLAVNÍ RUTINY MIKROPROCESORU..... | 56 |
| OBR. 35 - VÝVOJOVÝ DIAGRAM PŘERUŠENÍ MIKROPROCESORU | 59 |
| OBR. 36 - VÝVOJOVÝ DIAGRAM MOBILNÍ APLIKACE TŘÍDY MYACTIVITY | 61 |
| OBR. 37 - VÝVOJOVÝ DIAGRAM MOBILNÍ APLIKACE TŘÍDY MYCOUSTOMADAPTER..... | 62 |
| OBR. 38 - VÝVOJOVÝ DIAGRAM MOBILNÍ APLIKACE TŘÍDY TCPCLIENT..... | 62 |
| OBR. 39 – ELITRONICAPP | 63 |
| OBR. 40 - VÝVOJOVÝ DIAGRAM SERVEROVÉ APLIKACE | 64 |
| OBR. 41 - TCP SERVER | 65 |
| OBR. 42 - SCHÉMATICKÉ ZAPOJENÍ NAPÁJECÍHO ZDROJE | 74 |
| OBR. 43 - SCHÉMATICKÉ ZAPOJENÍ MIKROPROCESORU | 75 |
| OBR. 44 - SCHÉMATICKÉ ZAPOJENÍ WI-FI MODULU | 76 |
| OBR. 45 - SCHÉMATICKÉ ZAPOJENÍ TRIAKU, DETEKCE PRŮCHODU NAPĚTÍ NULOVOU HODNOTOU, MĚŘENÍ TEPLoty..... | 77 |
| OBR. 46 - VRCHNÍ VRSTVA PLOŠNÉHO SPOJE | 79 |
| OBR. 47 - SPODNÍ VRSTVA PLOŠNÉHO SPOJE..... | 79 |
| OBR. 48 - VÝVOJOVÝ KIT WIZFI220-EVB [18] | 81 |
| OBR. 49 - VÝVOJOVÝ KIT STM32F0DISCOVERY [25] | 81 |
| OBR. 50 - REFERENČNÍ ZAPOJENÍ MODULU WIZFI210/220 [18]..... | 82 |
| OBR. 51 - REFERENČNÍ ZAPOJENÍ OBVODU STM32F051R8T6 VE VÝVOJOVÉM KITU STM32F0DISCOVERY [25]..... | 82 |
| OBR. 52 - ZAPOJENÍ ST-LINK VE VÝVOJOVÉM KITU STM32F0DISCOVERY [25] | 83 |
| OBR. 53 - BLOKOVÝ DIAGRAM OBVODU GS1011 OSAZENÝ V MODULU WIZFI210 [26]..... | 84 |
| OBR. 54 - BLOKOVÝ DIAGRAM MIKROPROCESORU STM32F051R8T6 [25] | 85 |



Seznam tabulek

| | |
|--|----|
| TAB. 1 - NAVRŽENÉ PŘÍKAZY..... | 42 |
| TAB. 2 - POPIS SIGNALIZACE A OVLÁDÁNÍ..... | 54 |
| TAB. 3 - SEZNAM SOUČÁSTEK | 78 |
| TAB. 4 - SPECIFIKACE WI-FI MODULU [18]..... | 80 |
| TAB. 5 - SPECIFIKACE MIKROPROCESORU STM32F051R8T6 [25] | 80 |



Použité zkratky a cizí slova

| <i>Zkratka</i> | <i>Vyjádření zkratky</i> | <i>Vysvětlení</i> |
|----------------|--|--|
| AC | Alternating Current | Střídavý proud |
| ADC | Analog Digital Convertor | Analogově digitální převodník |
| Ad-Hoc | Za určitým účelem | Pro Wi-Fi – metoda peer-to-peer |
| AP | Access point | Přístupový bod |
| ARM | Advanced RISC Machine | Zdokonalený RISC stroj |
| AT | Attention | AT příkazy |
| Bluetooth | | Standard bezdrátové komunikace |
| Bootloader | Zavaděč | Softwarové přehrávání paměti |
| BSSID | Basic Service Set Identification | Identifikátor základních služeb |
| CCK | Complementary Code Key | Doplňkové kódové klíčování |
| CSMA/CA | Carrier sense multiple access with collision avoidance | Pravděpodobnostní protokol přístupu k médiu s předcházením kolizím |
| CTS | Clear toSend | Volná komunikační cesta |
| DC | Direct Current | Stejnoseměrný proud |
| DCCP | Datagram Congestion Control Protocol | Datagramový protokol s řízením zahlcení |
| DPS | Deska plošných spojů | |
| DSSS | Direct Sequence Spread Spectrum | Technika přímého rozprostřeného spektra |
| EEPROM | Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory | Elektricky mazatelná programovatelná paměť pouze pro čtení |
| Embedded | | Vestavěný/zabudovaný systém |
| FIFO | First In First Out | Zásobník typu fronta |
| FHSS | Frequency Hopping Spread Spectrum | Jedna z metod přenosu v rozprostřeném spektru |



| | | |
|-----------|---|--|
| Flash | | Nevolatilní elektricky programovatelná paměť |
| FW | Firmware | Kombinace trvalé paměti a programového kódu a dat uložených v zařízení |
| Gate | Brána | Řídicí elektroda |
| GPIO | General Purpose Input/Output | Obecný pin v čipu, který může být ovládán |
| High | Vysoký | Napětíová hladina v log. 1 |
| High Rate | Vysoká rychlost | |
| HIPERLAN | High Performance Radio LAN | Vysoký výkon bezdrátové sítě LAN |
| Host | Hostitel | USB schopné ovládat externí zařízení |
| IEEE | Institute of Electrical and Electronics Engineers | Institut pro elektrotechnické a elektronické inženýrství |
| IFTTT | If This Then That | Služba umožňující tvoření Podmínek za určitých stavů |
| IP | Internet Protocole | Internetový protokol |
| ISP | In System Programming | Schopnost integrovaných obvodů být programován bez nutnosti vyjmutí z obvodu |
| IT | Information Technology | Informační technologie |
| JTAG | Joint Test Action Group | Architektura pro testování plošných spojů, programování Flash pamětí apod. |
| LAN | Local Area Network | Lokální/místní síť |
| LED | Light-Emitting Diode | Dioda emitující světlo |
| Low | Nízký | Napětíová hladina v log. 0 |
| MCU | Microcontroller Unit | Mikroprocesorová jednotka |



| | | |
|-------------|--|--|
| Multihoming | | Situace, kdy komunikující uzel má několik IP adres |
| NFC | Near Field Communication | Sada standardů definující architekturu modulární technologie |
| NRST | Negative Restart | Negativní restart |
| OFDM | Orthogonal Frequency Division Multiplexing | Ortogonální multiplex s kmitočtovým dělením |
| OTG | On-The-Go | Specifikace umožňující některým USB zařízení pracovat v Host režimu pro některá USB zařízení v režimu Device |
| PBCC | Packet Binary Convolutional Coding | Paketové binární konvoluční kódování |
| PC | Personal Computer | Osobní počítač |
| PIN | Personal Identification Number | Osobní identifikační číslo |
| PLL | Phase-locked loop | Řídicí systém generující výstupní signál, jehož fáze se vztahuje k fázi vstupního signálu jako referenční |
| Pull-Down | | Rezistor sloužící k udržení logické hodnoty 0 |
| Pull-Up | | Rezistor sloužící k udržení logické hodnoty 1 |
| QAM | Quadrature Amplitude Modulation | Kvadraturní amplitudová modulace |
| QoS | Quality of Service | Rezervace a řízení datových toků |
| QPSK | Quadrature phase-shift keying | Kvadraturní fázová modulace |
| RESET | | Reset |
| RF | Radio Frequency | Rádio frekvenční |
| RISC | Reduced Instruction Set Computing | Procesory s redukovanou |



| | | |
|---------------|---|------------------------------------|
| | | instrukční sadou |
| RS232 | | Sériový port nebo sériová linka |
| RTC | Real Time Clock | Hodiny reálného času |
| RTS | Request to Send | Oznámení zda je volná |
| | | komunikační cesta |
| RUDP | Reliable User Datagram Protocol | Spolehlivý protokol pro přenos dat |
| RXD | Receive Data | Přijímaná data |
| SCTP | Stream Control Transmission Protocol | Protokol pro řízení přenosu |
| | | datového proudu |
| SmartPhone | | Chytrý telefon |
| SoC | System on Chip | Integrovaný obvod obsahující |
| | | všechny potřebné komponenty |
| SSID | Service Set Identifier | Identifikátor služeb |
| SSL | Secure Sockets Layer | Vrstva bezpečných soketů |
| SWCLK | | Hodiny pro komunikaci SWD |
| SWD | Serial Wire Debug | Ladění po sériové lince |
| SWDIO | | Data komunikace SWD |
| TCP | Transmission Control Protocol | Protokol řídící přenos dat |
| TKIP | Temporal Key Integrity Protocol | Protokol integrity dočasného klíče |
| TXD | Transmit Data | Odesílaná data |
| UART | Universal Asynchronous Receiver and Transmitter | Asynchronní sériové rozhraní |
| UDP | User Datagram Protocol | Uživatelský datagramový protokol |
| USB | Universal Serial Bus | Universální sériová sběrnice |
| WEP | Wired Equivalent Privacy | Soukromí ekvivalentní drátovým |
| | | sítím |
| Wi-Fi | Wireless Fidelity | Několik standardů popisujících |
| | | bezdrátovou komunikaci |
| WLAN | Wireless LAN | Bezdrátová síť LAN |
| WPS | Wi-Fi Protected Setup | Chráněné Wi-Fi nastavení |
| Zero-crossing | | Průchod nulovou hodnotou |



Úvod

Cílem této práce je poukázat na nový směr v oblasti inteligentních rozvodů za použití bezdrátové technologie Wi-Fi. V této práci se pojednává o návrhu i realizaci demonstračního obvodu, od kterého je očekáváno umožnění ovládání spotřebiče za pomoci Wi-Fi sítě a to prostřednictvím mobilního telefonu, či osobního počítače.

Obsahem této práce je nejprve vyhledání a řešení problémů i překážek, které mohou nastat při realizaci obvodu. Je nutné zvolit vhodnou koncepci topologie datové sítě tak, aby bylo možné tento obvod dále rozšiřovat dle potřeb zákazníků. Neméně důležitou částí je také integrace obvodu do již existujících datových sítí a to s důrazem na jednoduchost zapojení obvodu a rovněž na jeho snadné ovládání uživatelem. Práce popisuje volbu vhodných způsobů ovládání spotřebičů tak, aby nenastaly nevyžádané stavy.

V neposlední řadě se tato práce zabývá samotným návrhem obvodu, v němž je na základě teoretických poznatků řešeno schématické zapojení obvodu a návrh plošného spoje. Návrh obvodu se zabývá implementací bezdrátové komunikace, mikroprocesoru, akčního členu, zpětné vazby a uživatelského ovládání. Na základě navrženého obvodu je realizován plošný spoj.

Konečná realizace zařízení dále spočívá ve zhotovení programu vhodně zvoleného mikroprocesoru, který by měl umožnit dálkové ovládání spotřebičů za použití bezdrátové komunikace. Práce se také zabývá realizací aplikace do mobilního telefonu k demonstraci funkčnosti celé koncepce.



1. Principy systémů dálkového ovládání

V současné době již existuje několik variant systémů pro dálkové ovládání spotřebičů. Často jsou tyto systémy rozděleny na jednotlivé řídicí jednotky, kde každá provádí své úkoly.

1.1. Hlavní charakteristiky

Rozdělení řídicích jednotek je vhodné pro modulaci a flexibilitu inteligentních domovních rozvodů.

Hlavní typy řídicích jednotek:

- spínání elektrických prvků
- stmívání světelných zdrojů
- řízení rolet, žaluzií atd.
- regulace vytápění, klimatizace, ventilátorů atd.
- a další

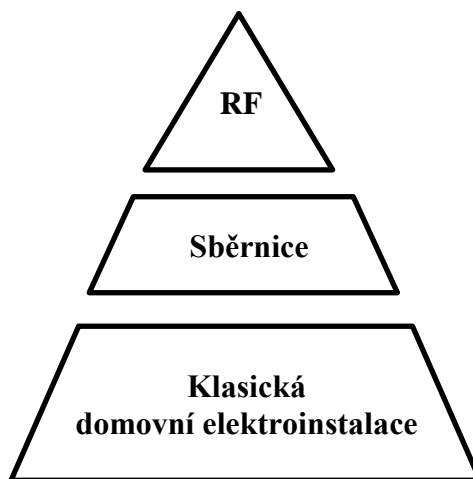
Tyto inteligentní rozvody jsou často řízeny dvěma způsoby, a to:

- ovládání po sběrnici
 - dvouvodičový systém
 - pouze datové ovládání
 - napájení a modulace datového ovládání
 - čtyřvodičový systém
 - oddělené napájení a datové ovládání
- ovládání pomocí radiofrekvenčního systému
 - zpravidla se používá 868,3 MHz
 - centrální řídicí systém
 - místní ovládání

Topologie inteligentních rozvodů je stavěná na klasické domovní elektroinstalaci, na které jsou připojeny ovládací prvky. Tyto prvky jsou navzájem



propojené za pomoci datové sběrnice a případná bezdrátová vrstva je realizována na již existující datové sběrnici. Zmíněnou topologii lze vidět na obr. 1. [1]



obr. 1 - Topologie stávajících inteligentních rozvodů

Tyto jednotlivé prvky lze rozdělit jako:

- senzory
 - tlačítka, teploměry, vlhkoměry, anemometry, atd.
- aktuátory
 - řídicí jednotky, spínače, regulátory, atd.

1.2. Hlavní funkce systému

Systémy inteligentních domovních rozvodů se vyznačují především funkcemi pro ovládání osvětlení či jiných spotřebičů, dále poskytují funkce stmívání osvětlení a tím umožňují i vytváření světelných scén. Poskytují ale mechanická ovládání rolet, žaluzií, markýz, garážových vrat, brán atd. Komplexnější řešení zvládají i regulaci vytápění a chlazení, ale i větrání. [1]

Systémy se nastavují prostřednictvím naprogramování parametrů. Pro jednoduché nastavení se provádí tzv. místní programování za pomoci tlačítek či trimerů. Složitější programování se provádí pomocí počítače a obslužného softwaru. [1]



1.2.1. Spínací jednotky

Spínací jednotky obsahují napájecí kontakty, spínací a přepínací kontakty, kontakty pro připojení sběrnice, případně i kontakty pro připojení sběrnice včetně napájení pro osvětlení tlačítek, dále tlačítka pro místní programování a také nastavení časových funkcí za pomoci trimérů. [1]

1.2.2. Stmívače a roletové jednotky

K naprogramování jsou k dispozici opět tlačítka a trimery. Jednotka stmívače obsahuje několik regulátorů pro napájení světelných zdrojů. Roletová jednotka neobsahuje regulátory na rozdíl od jednotky stmívače, ale pouze přepínací kontakty pro jednoduché ovládání rolet. [1]

1.2.3. Sběrníková tlačítka

Instalace sběrníkových tlačítek je navržena pro univerzální instalační krabíčky do zdí.

Skládá se z montážní desky, do níž jsou přivedeny kontakty sběrnice. Dále obsahuje běžný plastový rámeček, na kterém je uchyceno několika bodové sběrníkové tlačítko, to je zakryto ovládacím krytem. [1]

1.3. Radiofrekvenční systém

Tento systém umožňuje pohodlné ovládání zařízení pomocí aktuátorů. Hlavní výhodou tohoto systému spočívá ve vysoké flexibilitě a to bez nutnosti stavebních zásahů. V rozlehlejších prostorách je možné směřovat data. [1]

K centrálnímu ovládání systému se nabízí dálkové ovládání nebo tzv. domácí asistent. Nevýhodou tohoto systému je využití nestandardizovaného přenosu dat. Pro zvýšení dosahu signálu je nutné zakoupit a aplikovat směrovací zařízení určené pouze k tomuto účelu. Naopak jeho výhodou je nezatížený datový tok a zařízení je tak schopno reagovat s minimálním časovým zpožděním. Komplexní realizace inteligentních domovních rozvodů je často stavěna od základů a to od sběrníkového systému, přes radiofrekvenční ovládání spotřebičů až po připojení samotného systému k internetu. [1]



1.4. Vzdálený přístup za použití internetu

Pro komfortní a komplexní řešení ovládání může být pro zřizovatele výhodný vzdálený přístup ke svému domovu.

Dálkové ovládání využívající internet je možné dvěma způsoby. První a zároveň jednodušší řešení je využití místního serveru v jedné z jednotek v samotném domě a uživatel se tak může rovnou připojit ke svému prostředí za pomoci PC či SmartPhone buď lokálně či dálkově. Nevýhodou je však potřebná IP adresa, kterou by si zřizovatel musel vyžádat od svého poskytovatele připojení k internetu. Ne každý poskytovatel však touto možností disponuje. Ze strany zřizovatele se může tento požadavek zdát jako problematický, náročný či zbytečný.

Další variantou je zavedení dálkového serveru, který by byl umístěn mimo domov a mohl by být společný i pro mnoho dalších domovů. Tento server by musel být zajištěn firmou, která tento produkt nabízí. I když se toto řešení jeví jako složité, ze strany zřizovatele by tomu mohlo být naopak. Zřizovatel může být osoba neznalá v záležitostech ohledně vzdáleného připojení a tak bude pravděpodobně volit cestu pro něj nejjednodušší. Ovšem tato varianta s sebou přináší řadu obtíží a to řešení případů, kdy se domov nachází ve stavu bez připojení k internetu, nebo naopak nastane chybný stav na straně serveru. Tyto stavy by bylo možné vyřešit například plánovanou synchronizací plánů pro jednotlivé jednotky, případně pro jednu centrální jednotku. Pokud by ale nastal problém s připojením na straně zřizovatele, je nutné, aby měl stále nějakou možnost neplánovaného ovládání spotřebičů. Bylo by vhodné umožnit ovládacímu programu v PC či ve SmartPhone, aby se mohl připojit jak vzdáleně prostřednictvím internetu, nebo místně a to tak, aby se data pohybovala pouze na úrovni domova.

1.5. Využití technologie Wi-Fi

Jelikož je v dnešních domácnostech téměř nezbytné využití Wi-Fi standardu, bylo by vhodné prověřit cestu, která by vedla tímto zavedeným standardem a zjednodušit tak co nejvíce cestu k propojení mezi spotřebiči a PC či SmartPhone.



Standard Wi-Fi se označuje jako IEEE 802.11x, kde x označuje konkrétní řešení. Také se často označuje obecněji jako WLAN, což je bezdrátová lokální síť. Pro přístup k médiu je využito CSMA/CA a pro zvýšení kapacity sítě využívá OFDM.

1.5.1. Normy Wi-Fi

Norma IEEE 802.11 se pohybuje v pásmu 2,4 GHz až 2,4835 GHz a využívá metody DSSS (metody rozprostřeného spektra). Vysílač DSSS zaměňuje tok bitů za symboly. Za použití modulační techniky QPSK vysílač moduluje či násobí každý symbol náhodnou sekvencí. Metoda DSS dělí pásmo na 14 kanálů po 22 MHz, ty se až na některé částečně překrývají. Zajímavou vlastností je povinná přenosová rychlost 1 Mbps a 2 Mbps, kdy je nižší rychlost využita jako záložní v případech, kdy je objekt v rušném prostředí. Šířka pásma je v tomto případě opět 2,4 GHz až 2,4835 GHz, tentokrát však využívá metodu rozprostřeného spektra s přeskokováním kmitočtů, tedy FHSS. [2] [3] [4] [5]

Vysokofrekvenční komunikační norma IEEE 802.11a se pohybuje v pásmu 5 GHz a využívá ortogonální frekvenční multiplex (OFDM) jako frekvenční modulaci. Její maximální datová propustnost činí 54 Mbps. Po uvážení datového managementu v toku dat lze předpokládat její maximální datovou propustnost reálně přenášených dat o rychlostech 30 Mbps až 36 Mbps, ale pouze v tzv. turbo režimu. K dosažení těchto rychlostí využívá ortogonální multiplex s kmitočtovým dělením (OFDM). [3] [4] [5]

Výhoda této technologie nespočívá pouze ve vyšší rychlosti oproti IEEE 802.11b, ale také protože je pásmo 5 GHz licencováno, je tím pádem i méně vytiženo a lze tak využít více kanálů, aniž by docházelo ke vzájemnému rušení. [3] [5]

Komunikační norma IEEE 802.11b pracuje ve stejném spektru jako IEEE 802.11 a její maximální přenosová rychlost dosahuje 11 Mbps. Díky rozšíření (High Rate) základní normy IEEE 802.11b vznikla přesná podskupina normy 802.11b, která je nazývána jako Wi-Fi. Tato technologie přináší vyšší přenosovou rychlost. A k jejímu dosažení využívá odlišný způsob kódování a to doplňkové kódové klíčování (CCK) v rámci DSSS na fyzické vrstvě. Ve specifikaci normy je uvedeno, že se přenosová rychlost mění dynamicky v závislosti na rušení v prostředí a to ve hladinách: 11 Mbps, 5,5 Mbps, 2 Mbps a 1 Mbps. V této technologii však tvoří



30 % až 40 % management dat. Problém této technologie spočívá v nekorektním přenosu hlasu, nápravu tohoto problému řeší následující technologie, jako 802.11g a novější. Většímu nasazení 802.11b brání její nízká přenosová rychlost a také rušení v otevřeném pásmu 2,4 GHz, také nezajišťuje kvalitu služeb (QoS) a dostatečně zabezpečenou komunikaci. [3] [4] [5]

Norma IEEE 802.11e již poskytuje QoS pro síť 802.11. Technologie QoS umožňuje vybraným datovým paketům prioritu. Díky umožňování priorit paketům lze dosáhnout korektního přenosu hlasu po síti 802.11, aniž by nastávalo přerušování přenosu hlasu způsobeného sítí 802.11. QoS lze podobným způsobem aplikovat i na multimediální aplikace. [3] [4] [5]

Komunikační norma IEEE 802.11g pracuje opět ve stejném pásmu jako IEEE 802.11. Dosahuje maximální přenosové rychlosti 54 Mbps, využívá OFDM. Jelikož se norma IEEE 802.11g pohybuje ve stejném spektru jako IEEE 802.11b, rozhodlo se, že IEEE 802.11g bude zpětně kompatibilní s IEEE 802.11b a zároveň ji rozšiřuje o maximální přenosovou rychlost 54 Mbps. Pro zpětnou kompatibilitu podporuje také CCK a volitelně modulaci PBCC. [3] [4] [5]

Norma IEEE 802.11h se věnuje doplnění technologie 802.11a. Evropské normy vyžadují dynamický výběr kanálu a regulaci vysílacího výkonu u zařízení pracujících v pásmu 5 GHz, aby bylo možné schválení technologie 802.11a. [3] [4] [5]

Institut IEEE vyvíjel metodu zabezpečení, která má nahradit zabezpečovací protokol WEP. Vývoj metody je znám pod pojmem protokol integrity dočasného klíče (TKIP). Toto šifrování je uvedeno v normě IEEE 802.11i. Výhoda zabezpečení metodou TKIP spočívá v delších časově měnitelných zabezpečovacích klíčích oproti triviálnějšímu protokolu WEP. Nevýhodou TKIP jsou větší nároky na management dat a náročnost výpočtů. Je zde požadována HW akcelerace dešifrování. [3] [4] [5]

IEEE 802.11j definuje kompatibilitu mezi stávajícími normami IEEE 802.11a a HIPERLAN/2, které se pohybují na stejném pásmu. [3] [4] [5]

Zabezpečovací norma IEEE 802.11x umožňuje uživatelům autentizaci na libovolném zařízení a pod uživatelským jménem a heslem. Tato norma není



specifická pro Wi-Fi síť, ale její uplatnění v sítích LAN lze přenést i v bezdrátových sítích Wi-Fi. Autentizace však vyžaduje server, který spravuje databázi uživatelů. [4] [5]

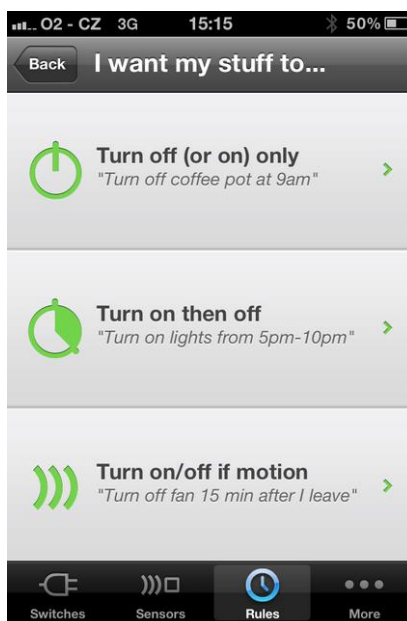
Vysokorychlostní norma IEEE 802.11n se zaměřuje především na zvýšení rychlosti technologie Wi-Fi a snaží se implementovat veškeré předchozí normy, kromě norem které se týkají přenosu. Využívá se zde opět modulace OFDM, ale ta využívá různých metod. Pro rychlosti 6 Mbps až 9 Mbps je využito metody BPSK, pak do rychlosti 18 Mbps se využívá QPSK, do rychlosti 54 Mbps se využívá 16QAM. Tato novější norma umožňuje rozšíření šířky pásma kanálu z 20 MHz na 40 MHz. Reálné přenosové rychlosti u technologie 802.11n by se měli vyrovnat síti LAN o připojení 100 Mbps. [3] [4] [5]

1.6. Konkurenční výrobek

Firma Belkin International, Inc. zveřejnila v lednu roku 2012 produkt pod názvem WeMo Switch. Koncem listopadu roku 2012 se tento produkt stal dostupným i na území Evropy. Jedná se o zásuvku ovládanou pomocí Wi-Fi. Výrobce k produktu nabízí aplikaci pro mobilní telefon iPhone a tablet iPad. Zásuvku lze pouze zapnout či vypnout bez možnosti regulace. Ovládat ji lze i za pomoci místního tlačítka.



obr. 2 - Zařízení WeMo Switch [6]



obr. 3 - Ovládací software WeMo pro iPhone [7]

K tomuto produktu lze zakoupit i pohybový senzor. Pokud jsou k dispozici v jedné síti tato dvě zařízení, lze pomocí aplikace či webového rozhraní vytvářet pravidla a podmínky kdy a za jakých okolností se má zásuvka zapnout.

Díky podpoře serveru IFTTT lze získat vzdálený přístup k zásuvce či pohybového senzoru odkudkoli. Ovládání lze použít i za pomoci emailu – stačí, když obsah emailu bude obsahovat správný obsah a dojde k sepnutí zásuvky.

Mezi hlavní výhody tohoto produktu patří ovládací server, díky kterému uživatel nepotřebuje po vzdálený přístup veřejnou IP adresu. Další výhodou je vytváření vlastních pravidel bez nutnosti připojení se k serveru.

Naopak největší nevýhodou je způsob připojení zařízení k mobilnímu telefonu. Využívá místní bezdrátové sítě, tedy Ad-Hoc. Díky patentům je firma Apple zatím jediným výrobcem mobilních telefonů s podporou Ad-Hoc připojením přes technologii Wi-Fi. Konkurenční mobilní telefony obsahují Wi-Fi technologii často s Ad-Hoc funkcí, která ale je nevyužitá či přímo zakázaná. Přístup k Ad-Hoc lze získat i u těchto konkurenčních telefonů, ale cesta pro běžného uživatele by byla příliš složitá a zřejmě by hrozila i ztráta záruky mobilního zařízení SmartPhone.



2. Návrh topologie a logické struktury

Topologie sítě může být různá, je proto nutné navrhnout topologii tak, aby byla pro danou aplikaci vhodná, jednoduchá a pokud možno co nejlevnější. Její logická struktura by měla pokrýt veškeré možné problémy s připojením k síti a zároveň její konfigurací.

Zařízení bude pravděpodobně nutné konfigurovat na základě způsobu připojení k bezdrátové komunikaci. Spotřebič je také nutné ovládat tak, aby nenastaly neošetřené stavy. Zřejmě bude zapotřebí definovat výstupní stavy při nečekaných změnách, jako je například výpadek proudu či ztráta připojení.

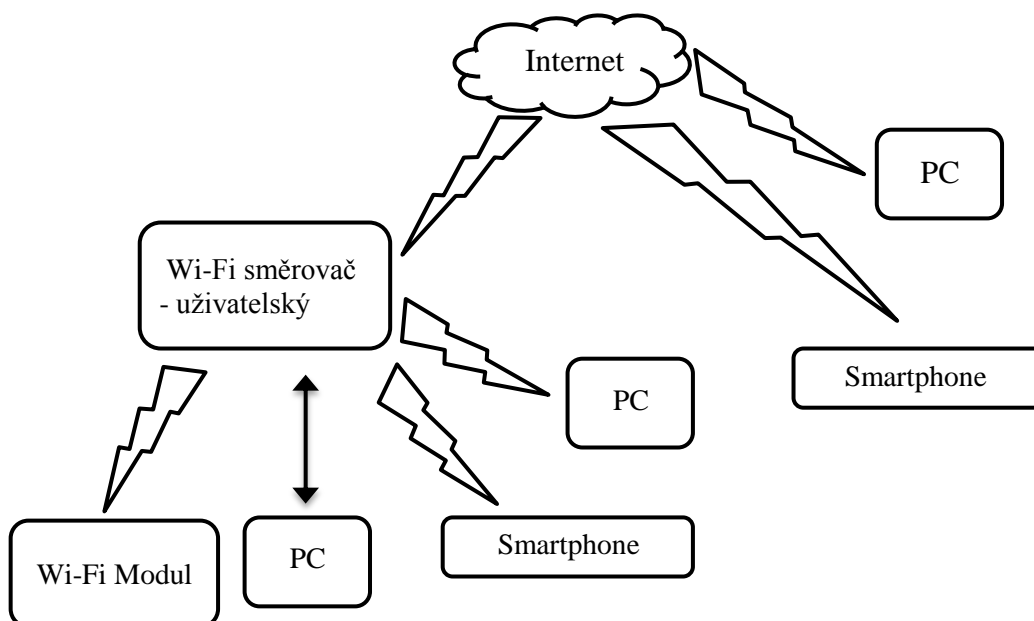
2.1. Volba vhodné topologie sítě

Topologie sítě určuje způsob propojení komunikací jednotlivých komunikačních prvků. Nejprve je nutné určit si logickou topologii. Tato topologie nemusí vyjadřovat přesné fyzické zapojení prvků, či fyzický tok dat.

2.1.1. Přístup přes uživatelský směrovač

Tento způsob logické topologie si klade za cíl jednoduchého zapojení a minimálních požadavků po uživateli. Vyžaduje však konfiguraci každého Wi-Fi modulu v závislosti na místních podmínkách.

Wi-Fi modul, ovládaný uživatelem je v tomto případě bezdrátově připojen k uživatelskému směrovači. Ten musí mít přístup k internetu v případě, kdy chceme zařízení ovládat vzdáleně, případně by mělo být umožněno lokální ovládání. V lokální síti se může vyskytovat více zařízení, proto by bylo vhodné v tomto případě zařízení vyhledávat jiným způsobem než pomocí IP adresy.

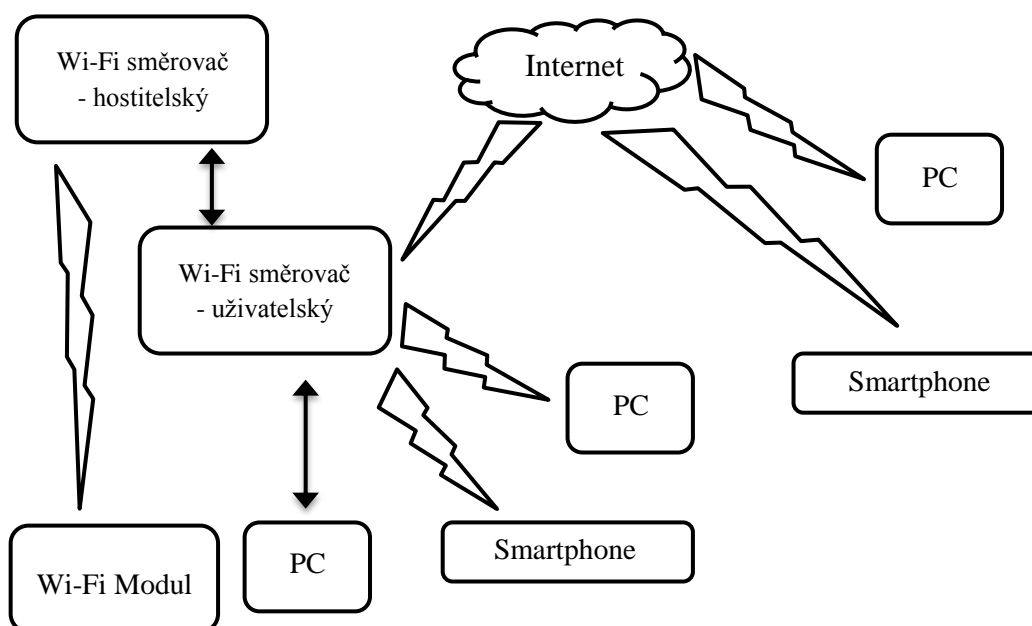


obr. 4 - Logická topologie využívající uživatelského směrovače

2.1.2. Přístup přes hostitelský směrovač

Tato varianta eliminuje veškeré nastavování Wi-Fi modulů, je to ovšem dražší varianta, jelikož si uživatel musí pořídit další zařízení a to hostitelský směrovač, který by byl již přednastaven. V tomto případě by se po uživateli požadovalo pouze správně zapojené zařízení bez nutnosti konfigurace.

Problematika nastává v interakci se stejnými výrobky, které se nacházejí v dosahu bezdrátové sítě, ale jsou nainstalovány v jiných prostorech nezávisle. Toto řešení vyžaduje pevnou konfiguraci a to již obou zařízení, které by se poskytovaly společně.



obr. 5 - Logická topologie využívající hostitelského směrovače

2.2. Způsob konfigurace Wi-Fi zařízení

Wi-Fi zařízení ovládající elektrospotřebič je nutné připojit k místnímu směrovači, ten ale vyžaduje parametry jako SSID, případně BSSID, typ zabezpečení a heslo. Jelikož jsou na zařízení kladeny nároky na jednoduchost zařízení, je nevhodné konfigurovat zařízení pomocí lokální klávesnice a displeje.

Mezi vhodné alternativy se řadí jiné technologie, které by umožnily přístup k tomuto zařízení. Tyto alternativy jsou popsány níže.

2.2.1. Sériové rozhraní USB či RS232

Nejjednodušší variantou se zdá být použití komunikačního kabelu RS232 či USB. Tyto komunikace zvládá většina mikroprocesorů RISC architektury. Úkolem uživatele by bylo po prvním zapnutí Wi-Fi zařízení či změny parametrů na lokálním směrovači připojit PC a pomocí obslužného programu nakonfigurovat nutné parametry. Tato varianta však s sebou nese určitá omezení, jako nepohodlná konfigurace, kdy je nutné zařízení najít, případně odmontovat v situaci, aplikace do instalační krabičky. Další nevýhodou je nemožnost konfigurace pomocí mobilního telefonu, jelikož ne každý telefon umí USB OTG či Host, aby bylo možné řídit tok dat ze strany



telefonu. Z výše uvedených hledisek lze usoudit, že tato jednoduchá varianta není příliš vhodná pro aplikaci Wi-Fi zařízení, které by mělo ovládat elektrospotřebič.

2.2.2. Bezdrátové rozhraní Bluetooth

Rozhraní Bluetooth s sebou nese řadu výhod. Mezi její hlavní výhody pro tuto aplikaci se řadí bezdrátová komunikace s dosahem běžně do deseti metrů a také automatické spárování zařízení bez nutnosti zabezpečení. Případně lze využít předdefinované zabezpečení, které by uživatel volil v PC či mobilním telefonu. Tato varianta se zdá být vhodnou, jelikož většina mobilních telefonů je již touto technologií vybavena. Jediný, ale zásadní nedostatek spočívá v prodražení zařízení, jelikož by muselo kromě Wi-Fi modulu obsahovat další komunikační modul. Tato varianta by využívala Bluetooth modul pouze ve výjimečných případech a to jsou parametrizace Wi-Fi zařízení. Efektivnější by bylo využití Wi-Fi modulu s integrovaným Bluetooth 3.0. Na trhu zatím nejsou k dispozici Embedded Wi-Fi moduly s integrovaným Bluetooth 3.0 modulem. Tato varianta se zdá být v současné době nerealizovatelnou. [8]

2.2.3. Bezkontaktní řešení pomocí NFC

Konfiguraci Wi-Fi zařízení by bylo možné realizovat za pomoci bezkontaktní technologie NFC, které vyžaduje velmi krátkou vzdálenost mezi komunikujícími zařízeními, řádově v jednotkách centimetrů. Mezi komunikujícími zařízeními pomocí technologie NFC by se neměla nacházet žádná překážka. [9]

Toto řešení představuje obdobný problém jako u kabelového propojení. Uživatel je nucen zařízení najít a v případě její aplikace v instalační krabici je nemožné komunikovat touto technologií, pokud by uživatel zařízení nevyjmul z instalační krabice. Na základě těchto omezení je tato varianta řešení velice nevhodující.

2.2.4. Bezdrátové rozhraní Wi-Fi

Nejefektivnější způsob by spočíval v nalezení cesty, jak Wi-Fi zařízení vhodně nakonfigurovat za použití samostatného Wi-Fi modulu. Technologie Wi-Fi nabízí k jednoduché konfiguraci nástroj Wi-Fi Protect Setup neboli WPS. Jedná se o nástroj určený k bezproblémovému připojení některých Wi-Fi zařízení za pomoci osmimístného PIN kódu anebo současného stisku WPS tlačítek na směrovači a Wi-Fi



zařízení. Toto řešení vyžaduje od směrovače vlastnost WPS. Toto řešení se zdá být uplatnitelným. Tento nástroj však s sebou nese různá rizika použitelnosti v budoucnosti, jelikož je v současné době velice zranitelný – je otázka času, kdy vyjde vylepšená verze nebo zda ji nahradí zcela jiná vlastnost. Z tohoto pohledu se zdá být využití WPS v budoucnu neuplatnitelný.

Technologie Wi-Fi již neposkytuje příliš možností ke snadné konfiguraci. Jednou z posledních vlastností je vytvoření dočasného síťového spojení, tedy Ad-Hoc. Z pohledu komunikace je tato vlastnost velice užitečná. Lze tak předdefinovat způsob připojení ze strany PC k Wi-Fi zařízení pro předání parametrů. Ovšem u mobilních telefonů je tato funkce velice omezena. Vlastností Ad-Hoc v současné době disponují pouze telefony od výrobce Apple.

Poslední možností je vytvoření přístupového bodu, který by se choval obdobně jako směrovač. Ten by nesl předdefinované parametry potřebné k připojení PC či mobilního telefonu, aby bylo možné zahájit komunikaci mezi těmito dvěma zařízeními a správně nakonfigurovat Wi-Fi zařízení, které by bylo následně schopno připojit se ke směrovači. Jelikož se jedná o základní připojení mezi Wi-Fi přístupovým bodem a Wi-Fi klientem, je od uživatele vyžadováno libovolné zařízení nesoucí vlastnosti běžné Wi-Fi komunikace.

2.3. Volba komunikačního protokolu

Ovládání spotřebiče s sebou nese problematiku, která musí vyřešit otázku pohodlné konfigurace zařízení ze strany osoby neznalé v oboru IT, na druhé straně ale také musí řešit vhodné chybové stavy, například při výpadku proudu, síťového připojení, samotné komunikace. Tyto stavy se ovšem mohou lišit od typu elektrického spotřebiče.

Dojde-li k libovolnému nevyžádaného stavu ze strany uživatele, bylo by vhodné, aby měl uživatel možnost změny tohoto stavu zcela bezprostředně a to například pomocí lokálních tlačítek. Tato tlačítka by mohla řešit například lokální ovládání spotřebiče, ale také uvedení zařízení do továrního nastavení. Tlačítek by nemělo být příliš mnoho, aby bylo ovládání přehledné a jednoduché.



2.3.1. Typ komunikace

Aby bylo možné ovládat či konfigurovat zařízení ovládající elektrospotřebič, je nutné zvolit vhodný protokol. Ten by neměl systém příliš zatížit, ale na druhou stranu by měl být jednoduchý a rychlý.

V této oblasti se nabízí několik komunikačních protokolů. Mezi tyto technologie se řadí například UDP. Výhoda UDP spočívá v jednoduchosti a nenáročnosti komunikačních schopností. Tento protokol je vhodný pro systémy, které pracují na principu otázka - odpověď. Nevýhodou je však vysoká ztrátovost a daný systém se tak musí zabýrat odesíláním starších příkazů. Mezi další nevýhody se řadí nesprávná posloupnost příchozích zpráv, což je další faktor, který zatěžuje systém pracovním časem. [10]

Nadstavba UDP je RUDP, ten je na rozdíl od UDP spolehlivý a zajišťuje tak správnou posloupnost příchozích zpráv. Jedná se o kompromis mezi protokoly UDP a TCP, kdy první z nich je příliš primitivní a druhý příliš složitý pro některé aplikace. [10]

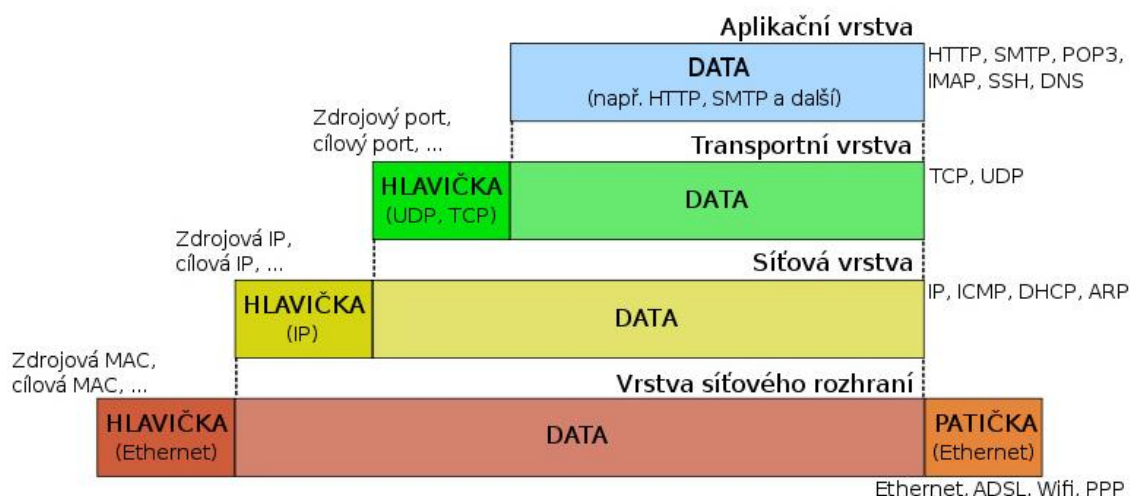
Dalším komunikačním protokolem je TCP. Tento protokol má oproti UDP vyšší režii, kontroluje totiž řazení zpráv a také kontroluje spojení. Řazení zpráv nám garantuje správnou posloupnost příchozích zpráv, kde se s výsledkem systém již nemusí nijak zatěžovat po stránce vstupních dat. Protokol TCP je spolehlivý, používá potvrzování o přijetí a také hlídá překročené časové limity. [10]

SCTP je další protokol patřící mezi transportní vrstvu. Tento protokol je však navržen pro přenos telefonní signalizace. SCTP má funkci multihoming. Zařízení využívající tohoto protokolu může obsahovat více IP adres. Obdobně jako TCP umí doručovat data v balících, což umožňuje eliminovat nechtěné chybějící bloky. [10]

Posledním z často využívaných protokolů je DCCP. Jedná se o datagramový protokol s možností řízení zahlcení. Tento protokol však neposkytuje spolehlivé doručení zpráv, ani jejich správnou posloupnost. Její předností jsou standardní mechanismy kontroly zahlcení, což se může uplatnit v aplikacích pro živý přenos audio-video záznamů. [10]



Navrhované zařízení by mělo být schopné komunikovat s jinými zařízeními, například s mobilními telefony. Musí se vzít v úvahu i náročnost aplikací, které budou zpracovávat příchozí a odchozí data. Jednoduchá komunikace by mohla být realizována na textových řetězcích a u nich je nutné mít zaručenou správnou posloupnost příchozích zpráv. Aby systém nebyl zatížen nedoručenými zprávami, bylo by vhodné využít nějaký stabilní protokol. V tom případě je nejvhodnějším typem komunikace protokol transportní vrstvy TCP.



obr. 6 - Zapouzdření dat [11]

Ve výše uvedeném obrázku je přehled jednotlivých vrstev. Zvolený protokol se nachází v transportní vrstvě, která je plně dostačující pro přenos předdefinovaných příkazů, je také vhodná pro přenos celých souborů. Z tohoto obrázku je patrné, že v čím vyšší vrstvě se budeme nacházet, tím vyšší obsah dat bude obsahovat samotný management a výsledná efektivita přenosu bude nižší. Komunikace na nejnižší vrstvě je však příliš náročná na zpracování dat.



3. Návrh a realizace dálkového ovládání spotřebiče

Na základě poznatků síťového rozhraní, jejích vrstev, funkcí Wi-Fi a volby topologie sítě je uskutečněn samotný návrh zařízení, které nese název dálkové ovládání spotřebiče. Na návrh je kladen důraz na jednoduchost. Spotřebič by měl být ovládán uživatelem prostřednictvím mobilního telefonu skrze technologii Wi-Fi. Je zapotřebí uskutečnit návrh realizovatelného zařízení, které bude obsahovat akční člen, který bude ovládat samotný spotřebič. Dále je zapotřebí zvolit vhodný Wi-Fi modul, který umožní komunikaci s mobilním telefonem. Prostřednictvím mikroprocesoru bude ovládán spotřebič na základě komunikace s Wi-Fi modulem a lokálního ovládání samotného zařízení. Je třeba volit a realizovat samotnou komunikaci mezi mikroprocesorem a mobilním telefonem. Na základě výše zmíněných návrhů je pak navrženo schématické zapojení a také plošné spoje. K fungování celé soustavy, tedy dálkového ovládání spotřebiče a mobilního telefonu, jsou navrženy algoritmy. Ty řeší kromě samotných funkcí i chybové stavy celé soustavy.

3.1. Akční člen ovládající spotřebič

K ovládání elektrospotřebiče je nutné zvolit akční člen, který uzavírá a otvírá elektrický uzel mezi elektrickým přívodem a samotným elektrospotřebičem. Jelikož jsou stávající elektrické rozvody postaveny na střídavém proudu, musí být akční člen schopen pracovat ve dvou-kvadrantovém režimu spotřeby energie. Jedná se o první a třetí kvadrant, kdy je zachován směr toku energie, ale mění se polarita napětí a proudu. Požadovaný spínaný proud je 5 A.

Nejjednodušší aplikací se zdá být použití monostabilního relé, které uzavírá obvod mechanicky. Výhody monostabilního relé spočívají v jednoduchosti ovládání, malém přechodovém odporu, spolehlivosti sepnutí a možnosti vést ve všech čtyřech kvadrantech. Na druhou stranu mezi její nesporné nevýhody patří hlučnost při sepnutí případně i při rozepnutí, možnost zapečení vodících kontaktů, příliš dlouhá odezva, tedy



nemožnost případné regulace a nutnost konstantní spotřeby elektrické energie v jednom ze stavů sepnutí či rozepnutí kontaktů.

Omezení konstantního odběru při jednom ze stavů monostabilního relé lze vyřešit náhradou za bistabilní relé. Toto relé vyžaduje relativně krátký signál pro přepnutí jednoho stavu do druhého a naopak. Ovšem zbylé nevýhody oproti monostabilnímu relé s sebou nese také a navíc obnáší problematiku se spolehlivostí sepnutí, s vyšším přechodovým odporem oproti monostabilnímu relé a s několikrát vyšší pořizovací cenou při zachování obdobných parametrů.

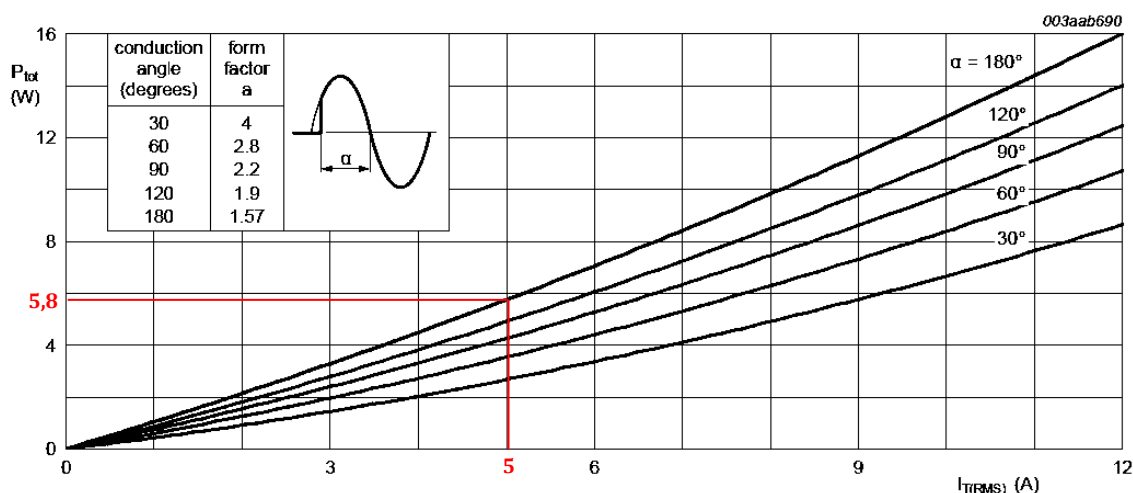
Volbou polovodičového akčního členu lze snížit nároky na spotřebu elektrické energie. Antiparalelním zapojením tyristorů lze docílit elektricky obousměrně vodícího akčního členu. Náhradou tohoto zapojení může být samotný triak. Jeho řízení vyžaduje oproti relé malou vstupní elektrickou energii, má mnohem rychlejší odezvu na řídicí signál, lze tak uvažovat i o možné regulaci, není akustickým zdrojem při uzavírání obvodu. Mezi nevýhody triaku patří vyšší úbytek napětí v místě uzavírání obvodu, vyšší disipace elektrické energie v energii tepelnou a nutnost řešení spolehlivosti spínání při indukční zátěži.

Volba triakového zapojení je vhodným kompromisem hlavně z důvodu možnosti regulace. Ta může být řešena například spínáním při průchodu napětí nulovou hodnotou, kdy nedochází k rušení okolí elektromagnetickým polem, nebo tzv. fázovou regulací, která má mnohem nižší dobu odezvy na regulaci. Spínání v nule lze aplikovat například na regulaci tepelného tělesa, ale naopak nelze aplikovat na světelné zdroje, jelikož perioda harmonického napětí ve stávajících sítích jsou 50 Hz či 60 Hz a na vynechání jednotlivých period jsou světelné zdroje citlivé a lidské oko je schopné zaznamenat změny intenzit. Pro regulaci světelného zdroje se tak nabízí fázová regulace, kdy perioda harmonického napětí v síti zůstává stejná jako ta vstupní.

Na základě parametrů stávajících elektrických rozvodů a spínacím proudů minimálně 5 A byl zvolen triak s označením BTA312-800C, jejím výrobcem je NXP. Pouzdro je voleno TO-220AB, tedy připraveno pro uchycení na menší chladič. Maximální opakovatelné špičkové napětí je 800 V, efektivní spínací proud je 12 A, proud tekoucí do gate se pohybuje v rozmezí 2 až 35 mA. Maximální teplota jádra



je 125 °C. Tepelný odpor mezi jádrem a pouzdrém je 1,5 K/W pro plný cyklus ovládání a 2 K/W pro poloviční cyklus ovládání, tepelný odpor mezi jádrem a vzduchem je 60 K/W.



obr. 7 - Maximální hodnoty disipace výkonu závislé na efektivním proudu [12]

Z grafu na obr. 7 byla vyčtena maximální disipace výkonu 5,8 W. Zapojení triaku je vhodné navrhnout pro obecný charakter zátěže, bude tedy ovládán plným cyklem, jeho tepelný odpor tedy činí 1,5 K/W.

Je třeba spočítat tepelný odpor chladiče tak, aby nedošlo ke zničení triaku. Mezi triakem a vzduchem lze předpokládat tepelné odpory mezi jádrem a pouzdrém triaku, pak mezi pouzdrém triaku a chladičem a dále mezi chladičem a vzduchem. Tepelný odpor mezi pouzdrém a chladičem se při použití tepelně vodivé pasty pohybuje kolem 0,2 K/W, což lze zanedbat, když uvažíme velikosti hodnot zbylých tepelných odporů.

$$\frac{v_j - v_a}{P_{tot}} \geq R_{th(j-mb)} + R_{th(mb-a)} \quad (1)$$

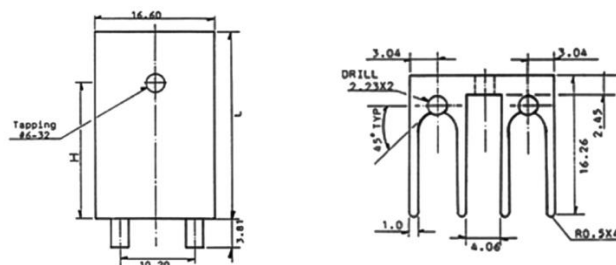
$$R_{th(mb-a)} \leq \frac{v_j - v_a}{P_{tot}} - R_{th(j-mb)} \quad (2)$$

$$R_{th(mb-a)} \leq \frac{125 - 25}{5.8} - 1.5 = 15.7414 \text{ K/W} \quad (3)$$

Na základě výpočtů lze zvolit chladič, který bude mít tepelný odpor menší či roven hodnotě 15,7414 K/W. Dle dostupných chladičů byl vybrán typ MC33262



na základě jeho malých rozměrů a vyhovujícímu tepelnému odporu, který činí 12,9 K/W.



obr. 8 - Rozměry chladiče MC33262 [13]

Jelikož byl vybrán chladič s přísnějšími parametry, než je vyžadováno, lze vypočítat teoretickou maximální teplotu jádra.

$$\frac{v_j - v_a}{P_{tot}} = R_{th(j-mb)} + R_{th(mb-a)} \quad (4)$$

$$v_j - v_a = (R_{th(j-mb)} + R_{th(mb-a)})P_{tot} \quad (5)$$

$$v_j = (R_{th(j-mb)} + R_{th(mb-a)})P_{tot} + v_a \quad (6)$$

$$v_j = (1,5 + 12,9)5,8 + 25 = 108,52 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (7)$$

$$v_j < T_j = 125 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (8)$$

Jádro triaku by na základě výpočtů nemělo přesáhnout teplotu 108,52 °C při plném zatížení 5 A. Tepelná rezerva činí 16,48 °C. Výpočty zahrnují teplotu okolního vzduchu 25 °C. Díky vzniklé tepelné rezervě však lze teoreticky tvrdit, že triak lze provozovat v prostorech o maximální teplotě okolního vzduchu až 41,48 °C.

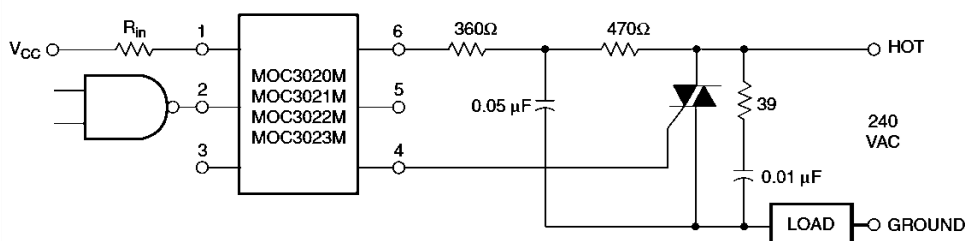
K ovládání triaku je třeba zajistit spolehlivé spínání. Spínací prvek, tedy triak, lze umístit dvěma způsoby a to tak, že bude spínat živou či neživou část napájecí sítě. Obě varianty jsou funkční, ovšem u druhé varianty, kdy je triak spojen přímo se středním vodičem a spotřebič s fází, je samotný spotřebič v době vypnutí pod potenciálem napětí ve fázi. Vhodné zapojení triaku z pohledu bezpečnosti je tedy spínání spotřebiče k živé části, tedy k fázi.

Triak lze otevřít pomocí proudu na vstupu gate (I_G) a mezi anodami musí protékat dostatečně velký tzv. přídržný proud (I_H). To s sebou však přináší problematiku se spínáním induktivní zátěže, kdy je proud zpožděn vůči napětí na spotřebiči. Mezi

vstupem gate a anodou je parazitní kapacita triaku, ta může díky šumu v elektrické síti způsobit prodloužené doby trvání nevyžádaného signálu a tím nezáměrně sepnout triak a spustit elektrospotřebič. Náhodné zapínání spotřebiče způsobené šumením lze eliminovat paralelní kapacitou na triaku. Tato kapacita omezí napětíové rozdíly mezi anodou a vstupem gate. Jelikož je přechodový odpor triaku relativně malý, je nutné zajistit malý vybíjecí proud tekoucí kondenzátorem do triaku. Pro omezení tohoto proudu lze aplikovat sériové zapojení rezistoru ke kondenzátoru. V aplikacích, kdy je potřeba rychlejší odezvy, je vhodné nechat kondenzátor nabíjet přímo z živé části a to aplikací diody paralelně zapojené k omezovacímu rezistoru, která zajistí rychlejší nabití kondenzátoru. U triaku to ovšem znamená použití duplicitního zapojení tlumení kvůli důvodu rychlého nabíjení kondenzátorů v obou polaritách napětí. Je vhodné volit kompromis mezi jednoduchostí a spolehlivostí obvodu. Místo duplicitního zapojení tlumení triaku lze volit menší odlehčovací rezistor, který zajistí dostatečně malé vyrovnávací proudy, ale také dostatečně velké dobíjecí proudy kondenzátoru. [14] [15]

Pro ovládání triaku byl zvolen obvod MOC3023M, který je schopen pracovat v elektrické síti 230 V, 50 Hz, ale i 120 V, 60 Hz. Jeho předností je optické oddělení za pomoci optodiaku a LED. Funkce zero-crossing, tedy spínání triaku v nulové hodnotě napětí, není od tohoto obvodu požadována, jelikož by bylo vhodné navrhnout i fázovou regulaci světelných zdrojů.

Na základě katalogového listu obvodu MOC3023M je realizováno typické zapojení pro ovládání spotřebiče triakem, viz. obr. 9 na straně 36.

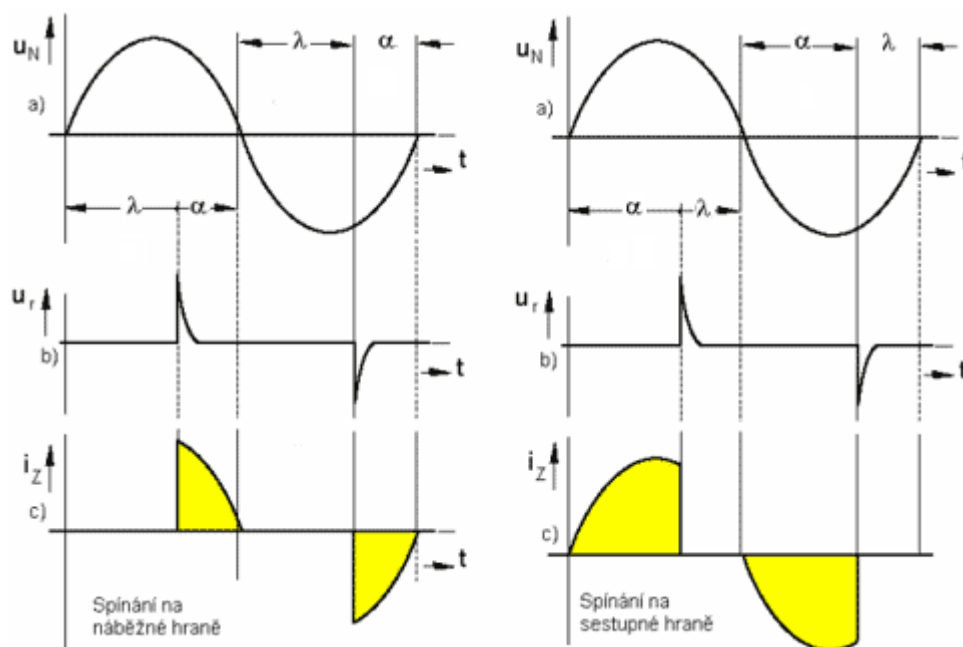


obr. 9 - Typické zapojení triaku pro obecnou zátěž [16]

Fázová regulace je řízena na základě úhlu otevření triaku, popřípadě tyristoru viz. obr. 10. Úhel α označuje úhel otevření a λ označuje úhel zavření triaku. Vstupní harmonický signál a) je na základě požadovaného úhlu otevření deformován



dle vygenerovaného signálu do gate b). Deformované napětí c) má nižší nebo rovnou efektivní hodnotu napětí než vstupní harmonické napětí. Takto lze měnit výstupní efektivní napětí, respektive proud i výkon spotřebičem s malými výkonovými ztrátami.



obr. 10 - Průběhy fázové regulace [17]

Efektivní výstupní napětí v závislosti na úhlu otevření α je vypočteno níže. Tato efektivní hodnota elektrického proudu odpovídá hodnotě stejnosměrného proudu, které by se na odporové zátěži rovnalo stejnému průměrnému výkonu.

$$U_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_0^\alpha u(\varphi)^2 d\varphi} \quad (9)$$

$$U_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_0^\alpha (U_M \cdot \sin(\varphi))^2 d\varphi} \quad (10)$$

$$U_{RMS} = \sqrt{\frac{U_M^2}{\pi} \int_0^\alpha \sin^2(\varphi) d\varphi} \quad (11)$$

$$U_{RMS} = \sqrt{\frac{U_M^2}{\pi} \int_0^\alpha \frac{1 - \cos(2\varphi)}{2} d\varphi} \quad (12)$$

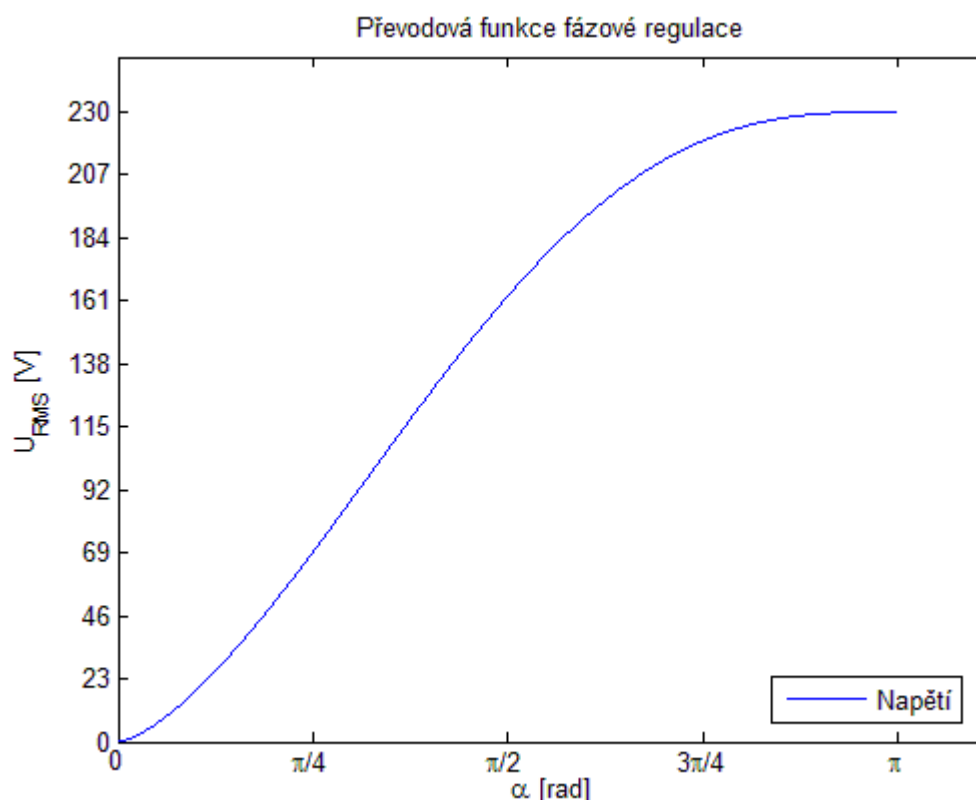
$$U_{RMS} = \sqrt{\frac{(\sqrt{2} \cdot U)^2}{2\pi} \int_0^\alpha (1 - \cos(2\varphi)) d\varphi} \quad (13)$$

$$U_{RMS} = 230 \cdot \sqrt{\frac{\alpha - \cos(\alpha) \sin(\alpha)}{\pi}} \quad (14)$$



$$U_{RMS} = 230 \cdot \sqrt{\frac{2\alpha - \sin(2\alpha)}{2\pi}} \quad (15)$$

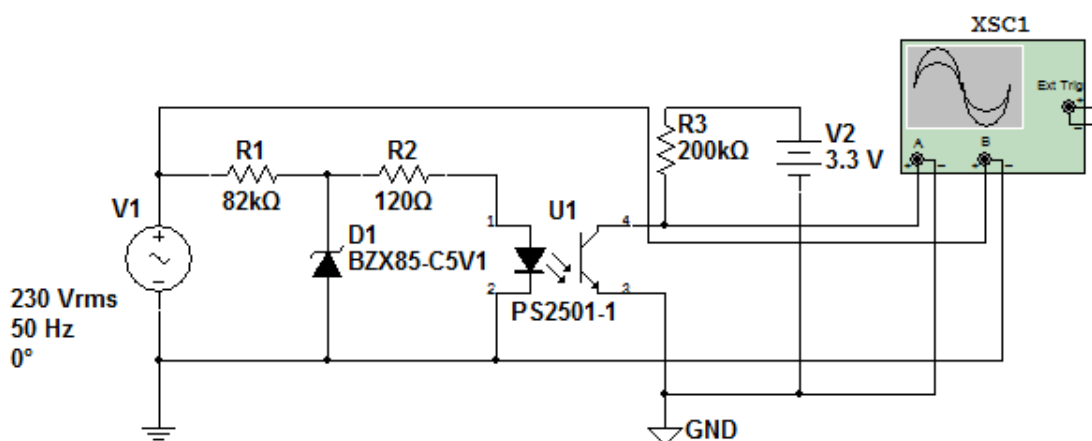
Výše je k dispozici odvozený vztah pro závislost efektivního napětí U_{RMS} na úhlu otevření α . Průběh této závislosti je zobrazen na obr. 11 na straně 38. Vztah je odpovídající i pro efektivní proud či výkon na elektrospotřebiči.



obr. 11 - Převodová funkce fázové regulace

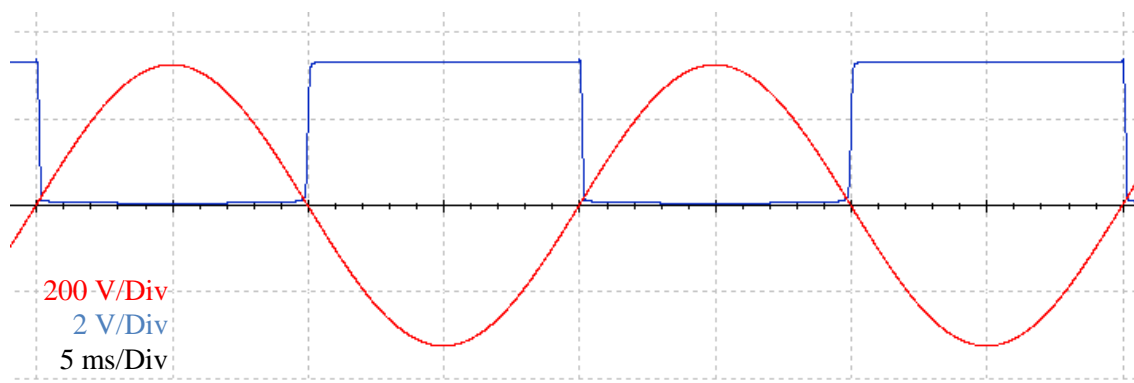
Dle grafu na obr. 11 lze usoudit, že průběh regulace na základě úhlu otevření α je nelineární. Řídicí systém by měl tuto nelinearitu vzít v úvahu, aby bylo dosaženo lineární regulace z pohledu žádané hodnoty nebo uživatele.

Pro zhotovení akčního členu je třeba navrhnout detekci průchodu harmonického napětí nulovou hodnotou, aby byl systém schopen rozlišit dobu, od které bude čekat, než triak sepne. Navržené zapojení této detekce je k dispozici na obr. 12 na straně 39.



obr. 12 - Návrh zapojení pro detekci průchodu napětí nulovou hodnotou

Na zapojení na obr. 12 je vstupní napětí pomocí rezistoru R1 a Zenerovy diody limitováno hodnotami 0 a 5,1 V. Tato proměnná hodnota pak řídí stav LED, která spíná fototranzistor. Ten díky pull-up rezistoru R3 mění na výstupu hodnotu napětí mezi 0 V a 3,3 V, což odpovídá obr. 13, kde je znázorněn vstupní harmonický signál a výstupní logická hodnota. Ta svou náběžnou hranou detekuje klesající průběh nulovou hodnotou napětí a sestupná hrana opačně.



obr. 13 - Teoretické průběhy napětí detekce průchodu napětí nulovou hodnotou

3.2. Wi-Fi modul a jeho vlastnosti

K požadované komunikaci technologií Wi-Fi je třeba si stanovit parametry, které by Wi-Fi modul měl splňovat. Na základě návrhu topologie sítě by bylo vhodné, aby tento Wi-Fi modul zvládal mimo fyzickou vrstvu i vrstvy vyšší, jako je například již zmiňované TCP. To zajistí spolehlivý přenos textových řetězců, které budou určeny pro komunikaci mezi mobilním telefonem a mikroprocesorem. Jelikož je plánována serverová databázová aplikace, zajišťující přístup tohoto dálkového ovládání spotřebičů,



měla by být tato data zabezpečena z důvodu možného napadení serverové aplikace. Jedním z vhodných zabezpečených připojení může být technologie SSL.

Na základě požadovaných parametrů byl vybrán obvod GS1011, ale z důvodů rychlého vývoje prototypového zařízení je použit Wi-Fi modul WizFi210, ve kterém je již nahrán FW s obslužnými funkcemi pro zpracování dat skrze fyzickou vrstvu 802.11, ale také disponuje i dalšími funkcemi jako jsou právě TCP a SSL.

Specifikace Wi-Fi modulu jsou vypsány v tab. 4 na straně 80. Pro práci s WizFi210 byl pořízen vývojový kit WizFi220-EVB. Ten obsahuje modul WizFi220, který se od navrhovaného WizFi210 liší pouze ve vyšším vysílacím výkonu a vyšší elektrické spotřebě.

Wi-Fi modul WizFi210/220 lze ovládat tzv. AT příkazy po sériovém rozhraní UART. Tyto AT příkazy jsou unifikované, což umožňuje jednodušší případný přechod na jiný Wi-Fi modul poskytující AT příkazy. Ty se mohou lišit v závislosti na použité verze příkazů. Podporované přenosové rychlosti po periférii UART jsou 9600, 19200, 38400, 57600, 115200, 230400, 460800 a 921600 Baud. Podporuje i paritní bit a 5, 6, 8 či 8 bitů pro přenos zprávy s 1 či 2 stop bity, v případě 5 bitového datového přenosu podporuje 1,5 stop bitu. Výchozí nastavení periférie UART je 115200 Baud, 8 bitů pro přenos zprávy a to bez paritního bitu. Příklad přenastavení komunikace UART lze provést příkazem „ATB=9600,8,n,1“ v ASCII kódu. ATB vyjadřuje, že se jedná o zápis parametrů pro komunikaci UART, první hodnota, tedy 9600, odpovídá hodnotě přenosové rychlosti v jednotkách Baud, druhá hodnota odpovídá počtu bitů pro datový přenos, třetí hodnota vyjadřuje paritní bit (n – bez parity, e – sudý paritní bit, o – lichý paritní bit). Obdobnými způsoby lze nastavit i jiné parametry jako adresu MAC, název přístupového bodu (AP), typ zabezpečení, zabezpečovací heslo aj. [18]

3.3. Parametry mikroprocesoru

Pro zpracování textového řetězce z Wi-Fi modulu je potřeba zvolit mikroprocesor. Nároky na výpočetní výkon musí být dostačující pro zpracování dat a následného ovládání či regulace elektrospotřebiče. Řízení by mohlo být stavěno



i na základě časových údajů. Je tu i případná možnost přístupu k zařízení pomocí webových stránek.

Mikroprocesor musí disponovat dostatečně velkou kapacitou paměti flash, případně doplňující EEPROM paměti v případě, že flash paměť nebude dostačující pro případné webové stránky. Na základě časového řízení musí mít mikroprocesor obvod RTC, tedy hodiny reálného času. Pro komunikaci s Wi-Fi modulem je vyžadována periferie UART. Pro čtení tepelného senzoru musí být vybaven periferií ADC, tedy analogově digitálním převodníkem. Nároky na přesnost měření teploty, jsou demonstrativní. [19]

Wi-Fi modul je stavěn na obvodu GS1011, ten obsahuje dva mikroprocesory architektury ARM. Pokud se bude uvažovat o možném přenosu zdrojového kódu z mikroprocesoru do samotného Wi-Fi modulu, je vhodné volit stejnou architekturu pro jednodušší přechod. Podmínkou jsou tedy zcela nenáročné parametry mikroprocesoru s využitím architektury ARM. Takovým mikroprocesorem je například STM32F051R8T6, postavený na jádru Cortex-M0. Jedná se o snadno dostupný integrovaný obvod s nízkou elektrickou spotřebou. Pro vývoj na tomto obvodu byl pořízen vývojový kit STM32F0DISCOVERY. [19]

3.4. Indikace a lokální ovládání zařízení

Z pohledu uživatele by bylo vhodné, aby byl informován o stavu spotřebiče a Wi-Fi klienta, například opticky. Indikaci lze realizovat pomocí LED, kdy jedna bude indikovat spotřebič, zda je pod napětím, či naopak. Druhá může indikovat zaneprázdněnost samotného Wi-Fi klienta, nebo případné poruchy spojení. Tato indikace se zdá být dostatečná.

Pro případné poruchy spojení mezi Wi-Fi klientem a mobilním telefonem je nutné, aby měl uživatel možnost spotřebič ovládat lokálně, například stisknutím tlačítka na Wi-Fi klientu. Pokud dojde k přenastavení zabezpečení domácího směrovače, nebo bude-li chtít uživatel připojit Wi-Fi klienta k jinému směrovači, je nutné ho uvést do původního nastavení, kdy je v režimu AP.



3.5. Komunikace programů mikroprocesoru a mobilního telefonu

Pro ovládání samotného spotřebiče je nutné předávání parametrů mezi mobilním telefonem a mikroprocesorem. Spotřebič bude mít možnost nejen zapínání a vypínání, ale i fázové regulace. Dle zadání je započítaná možnost odečtu teploty. Kromě těchto parametrů je však nutné Wi-Fi modul připojit k domácímu směrovači. Pro tento účel jsou vytvořeny tyto příkazy v níže uvedené tab. 1.

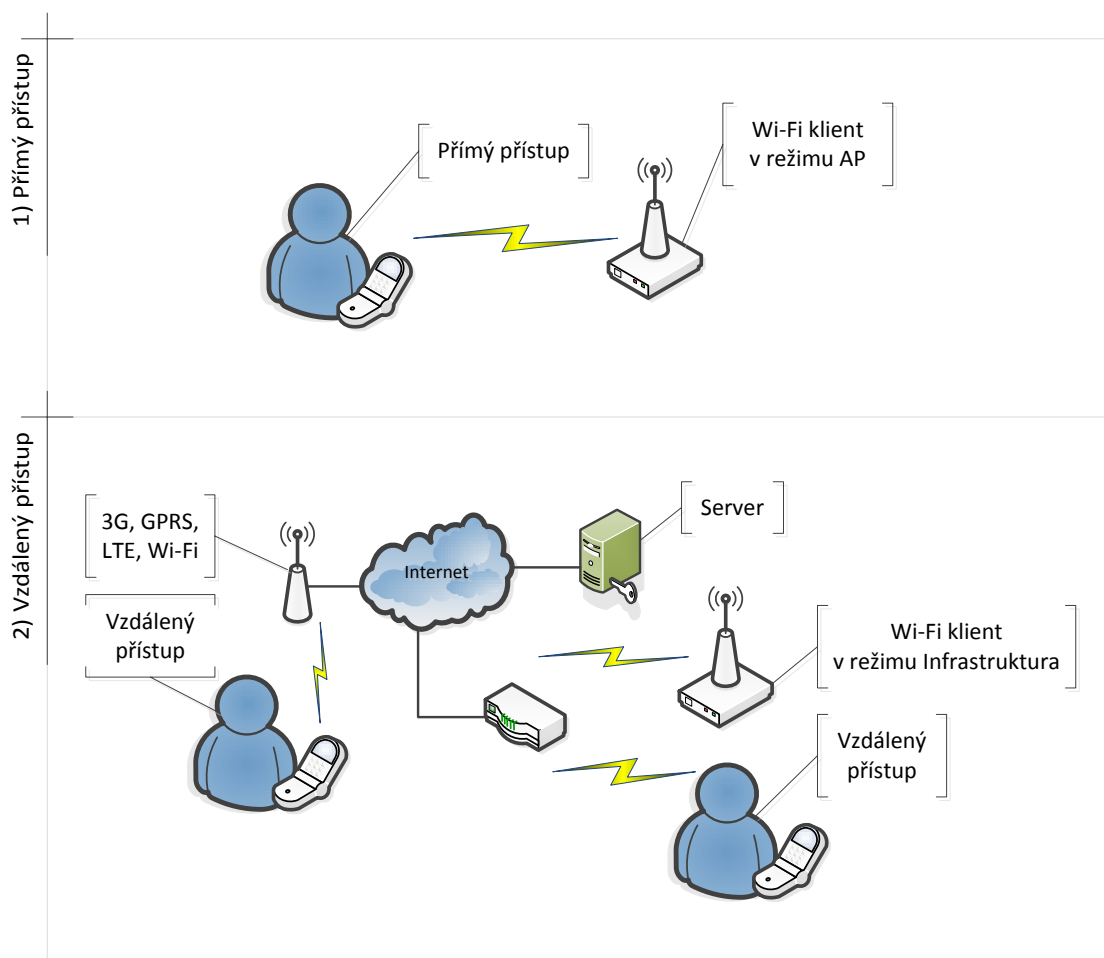
tab. 1 - Navržené příkazy

| Příkaz | Popis |
|---|-------------------------------------|
| [ON]\r\n | Zapíná spotřebič |
| [OFF]\r\n | Vypíná spotřebič |
| [DIMM:<Hodnota>]\r\n | Fázová regulace 0 až 255 |
| [TEMP]\r\n | Dotaz na teplotu |
| [TEMP:<Teplota>]\r\n | Teplota (°C) |
| [APSCAN]\r\n | Dotaz na viditelné AP |
| [APs:<SSID>,<Signál>,<Zabezpečení>;...]\r\n | Výčet viditelných AP |
| [SETWIFI:<SSID>,<Heslo>]\r\n | Dotaz o připojení ke konkrétnímu AP |

Příkazy jsou odesílány a přijímány v textových řetězcích po transportní vrstvě TCP na úrovni Wi-Fi modulu. Ten data následně zpracovává po sériové lince UART. Datové řetězce zpracovává do příkazů mikroprocesor.

Samotná komunikace bude probíhat ve dvou úrovních. První případ je přímý přístup mezi mobilním telefonem a Wi-Fi klientem. To je případ, kdy ještě nedošlo ke konfiguraci Wi-Fi klienta pro domácí směrovač. Druhý případ je komunikace mobilního telefonu s Wi-Fi klientem prostřednictvím serverové aplikace, která umožňuje přístup k Wi-Fi klientu z internetu.

Na obr. 14 jsou zobrazeny oba popisované případy připojení. Pokud není Wi-Fi klient nakonfigurován pro připojení k domácímu směrovači, bude přepnut do režimu AP. Uživatel se bude moci dle předdefinovaného hesla připojit k Wi-Fi klientu. V ten moment bude schopen ovládat spotřebič, ale také překonfigurovat parametry připojení tak, aby se Wi-Fi klient připojil k domácímu směrovači.

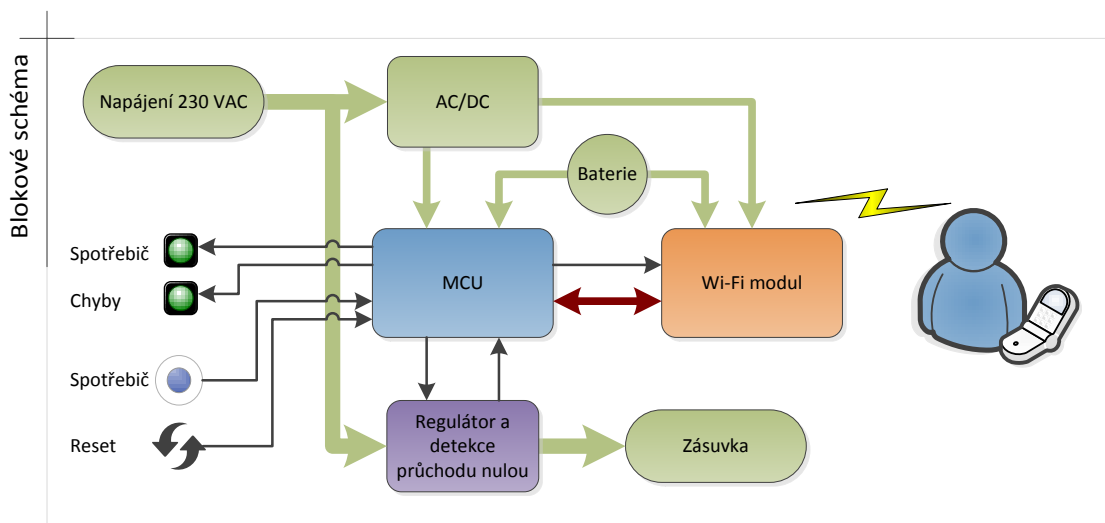


obr. 14 - Připojení Wi-Fi klienta

3.6. Realizace schematického zapojení

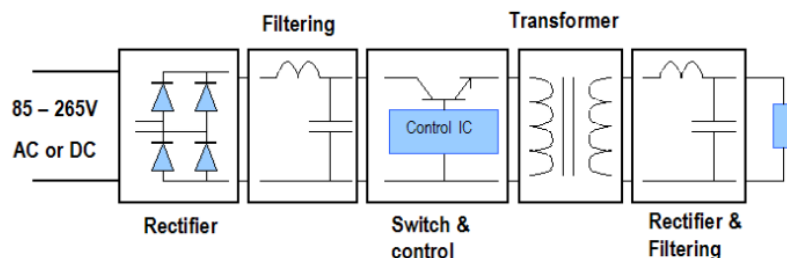
Zapojení Wi-Fi klienta by mělo obsahovat napájecí zdroj ze sítě 230 V/50 Hz, který bude napájet elektroniku pomocí měniče AC/DC. Ta by měla ale být schopna ovládat spotřebič do 5 A. Akční člen ovládající spotřebič je popsán v kapitole 3.1 na straně 32. Z akčního členu, tedy triaku, se stává díky ovládání mikroprocesorem regulátor. Mikroprocesor bude mít na starosti lokální ovládání, tedy tlačítka, pak signalizaci pomocí LED, ovládání Wi-Fi modulu a triaku.

Výše popisované zapojení je znázorněno na obr. 15 na straně 44. Ten znázorňuje i tok ovládání. Obousměrná komunikace je pouze mezi Wi-Fi modulem po sériové lince UART a také z regulátoru, kdy mikroprocesor spíná triak v závislosti na detekci průchodu napětí nulovou hodnotou.



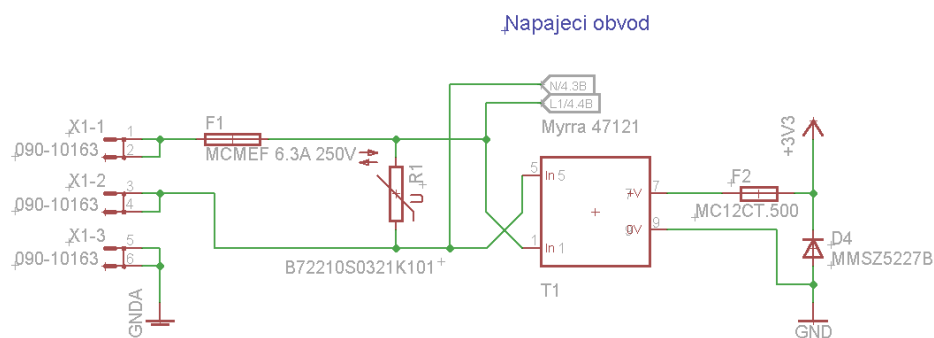
obr. 15 - Blokové schéma Wi-Fi klienta

V první řadě je potřeba navrhnout napájecí obvod, který bude napájet elektroniku, tedy především mikroprocesor a Wi-Fi modul. Obojí je schopno pracovat na napětí 3,3 V. Z tohoto důvodu je zvolen již zhotovený spínací zdroj, který v sobě obsahuje usměrňovač, filtr, spínací prvky, transformátor pro galvanické oddělení, výstupní filtr a usměrňovač.



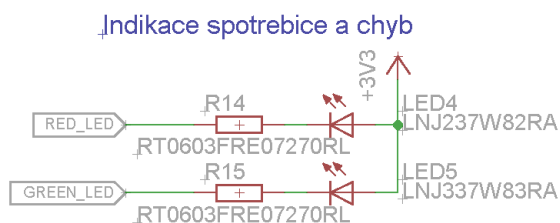
obr. 16 - Elektronický transformátor (spínací zdroj) [20]

Zapojení napájecího zdroje je zobrazeno na obr. 17 na straně 45. Pojistka s označením F1 chrání spotřebič a triak před poruchou. Varistor s označením R1 chrání napájecí zdroj a spotřebič před přepětím. Pojistka s označením F2 chrání mikroprocesor a Wi-Fi modul před zvýšeným proudem. Zenerova dioda s označením D4 chrání mikroprocesor a Wi-Fi modul před zvýšeným napětím.



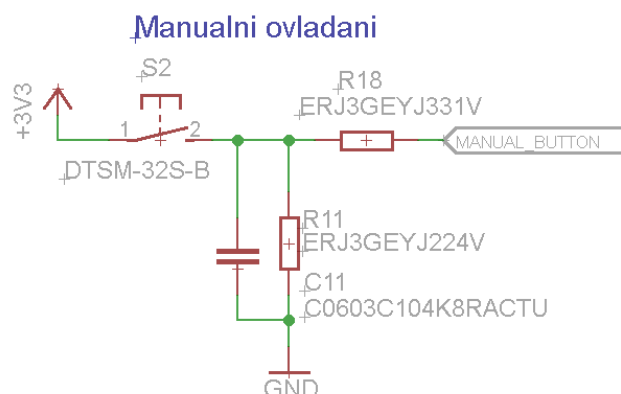
obr. 17 - Napájecí obvod

Na následujícím obr. 18 je zobrazena jednoduchá signalizace pomocí dvojice LED. Označení rezistorů a LED jsou vidět na obrázku. Hodnota rezistorů je spočtena dle napájecího napětí, které činí 3,3 V.



obr. 18 - Signalizace

Lokální ovládání je provedeno pomocí tlačítek. Dvojice tlačítek umožňuje zapnutí či vypnutí spotřebiče a také vyvolání výchozího nastavení Wi-Fi klienta. Program v mikroprocesoru reaguje na přerušení z tlačítek a to na náběžnou hranu, čili na sepnutí tlačítka. Tlačítko ovšem není ideálním spínacím prvkem. Jedná se o mechanický spínač, který v době spínání může vyvolat i několik náběžných a sestupných hran zcela stochasticky. Při dotyku plastového tlačítka s uživatelem může dojít k vybití elektrického náboje, což může vyvolat přepětí. Řešení je na následující stránce na obr. 19.

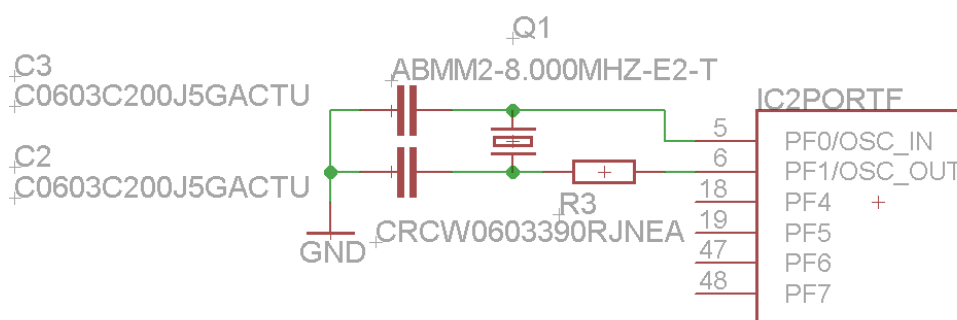


obr. 19 - Lokální ovládání

Kondenzátor C11 na obr. 19 zajistí pomalejší přechod hran a eliminuje tak stav mechanického tlačítka, které je v mezi stavu sepnuto a rozepnuto. Rezistor R11 zde poslouží jako Pull-Down rezistor. Pokud je tlačítko rozepnuto, na vstupu mikroprocesoru se objeví hodnota Low přes Pull-Down rezistor. Rezistor R18 je zapojen sériově mezi mikroprocesor a tlačítko pro snížení vybíjení elektrostatického náboje z uživatele na mikroprocesor.

Mikroprocesor je taktován externím krystalem o hodnotě 8 MHz, aby mohl dosáhnout pomocí PLL násobičů taktu jádra o hodnotě 48 MHz.

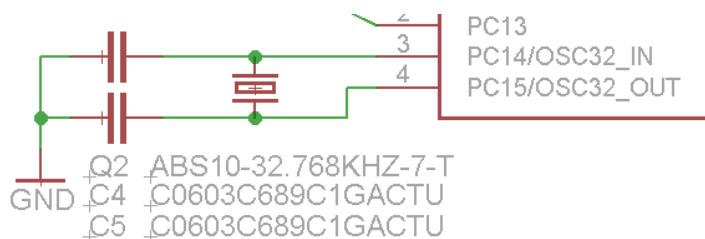
Zapojení taktovacího krystalu je zobrazeno na obr. 20. Kondenzátory C3 a C2 zajišťují dostatečné zatížení krystalu tak, aby se neprojevyly případné harmonické signály z krystalu Q1.



obr. 20 - Taktování mikroprocesoru

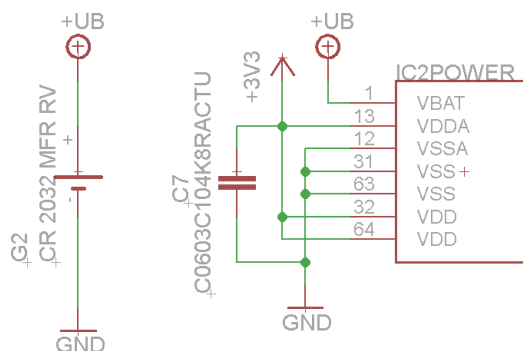


Pro případné ovládání spotřebiče pomocí reálného času je vhodné do schématu zahrnout i krystal 32,768 KHz (Q2). Tuto hodnotu taktu lze snadno dělit děličkou $2^{15} = 32768$, výsledek je pak 1 s, pokud bude přesný krystal.



obr. 21 - Hodiny reálného času

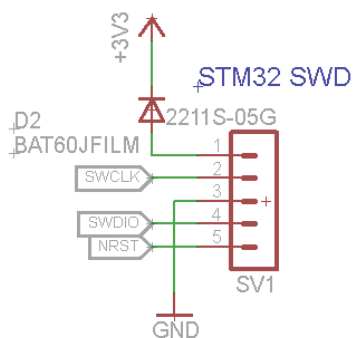
Kondenzátory C4 a C5 na obr. 21 zatěžují krystal Q2 ze stejného důvodu jako tomu bylo v předchozím případě.



obr. 22 - Napájení mikroprocesoru

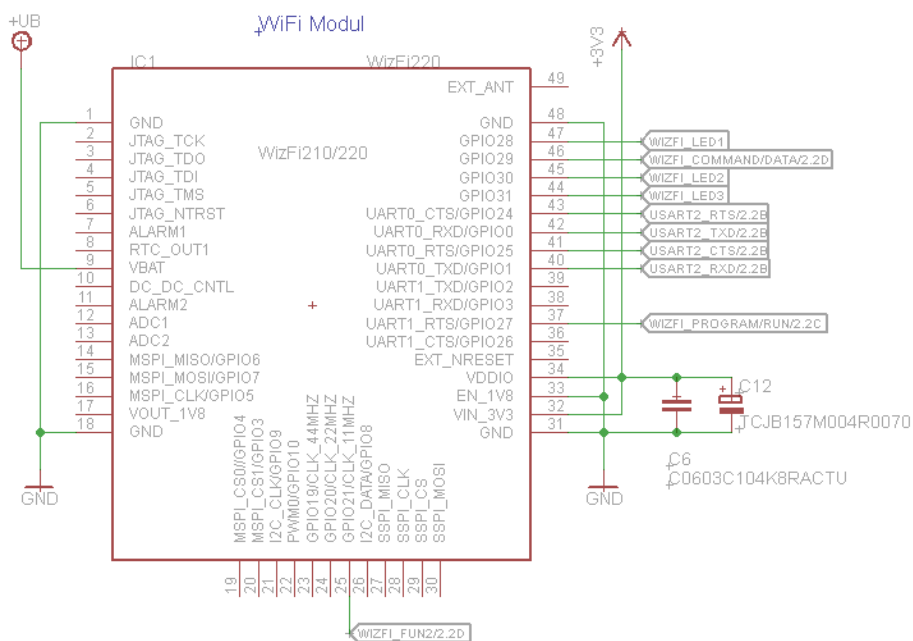
Mikroprocesor je napájen ze spínacího zdroje 3,3 V, ale také z baterie 3 V. V bezprostřední blízkosti by měl být umístěn blokovací kondenzátor C7 na obr. 22 tak, aby redukoval změny napájecího napětí na mikroprocesoru vlivem změnou proudu.

K programování mikroprocesoru lze využít ISP pomocí UART, tato varianta však umožňuje pouze nahrání programu bez možnosti ladění. K ladění je ideální technologie JTAG. Data jsou přenášena sériově, ovšem po více sériových linkách. JTAG konektor by na plošném spoji zabíral příliš místa. Nejlepším kompromisem se zdá být aplikace SWD. Jedná se o náhradu JTAG pomocí jedné sériové linky. Rozdíl je především v rychlosti přehrávání flash paměti.



obr. 23 - Programování a ladění pomocí SWD

Na obr. 23 lze vidět potřebné kontakty pro technologii SWD. Vodič pod názvem SWCLK udává takt pro přenos dat po vodiči SWDIO, který je schopen vést data v obou směrech. Mikroprocesor musí být v režimu RESET, k tomu slouží vodič NRST, což je negativní RESET. Mezi programátorem a mikroprocesorem musí být společná země pro správný rozdíl potenciálů.



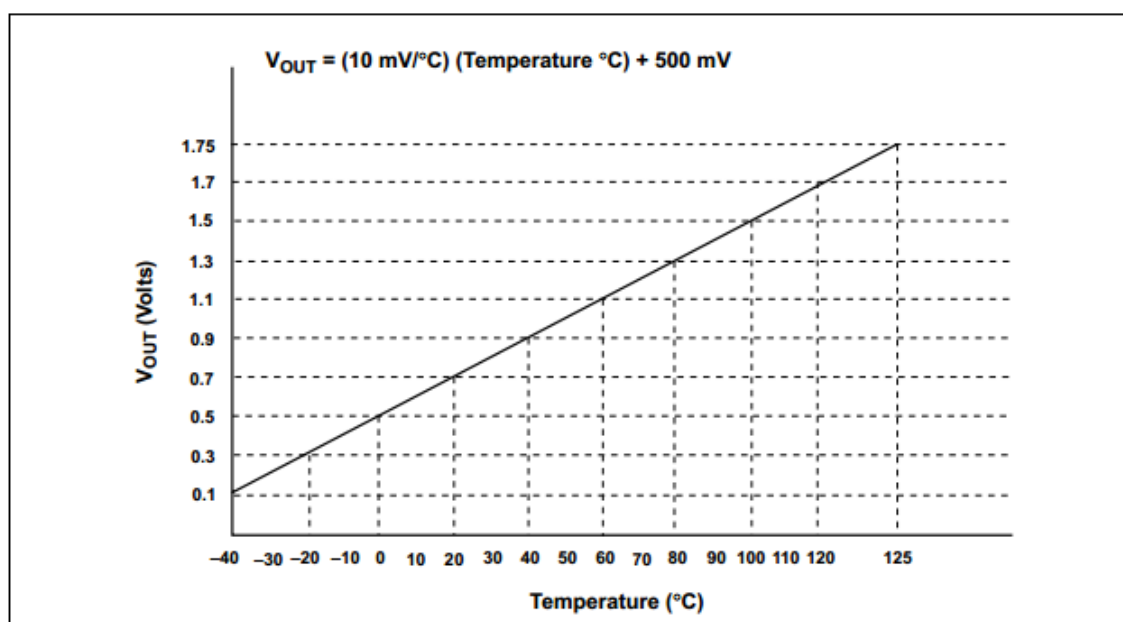
obr. 24 - Zapojení Wi-Fi modulu

Wi-Fi modul je zapojen k mikroprocesoru pomocí kontaktů RTS, TXD, CTS a RXD, což tvoří UART komunikaci. Pro povelý zda jde o příkazy či data je využito kontaktu GPIO29, který lze přesměrovat i na jiný kontakt. GPIO27 slouží pro interní Bootloader. Ten umožňuje přeprogramování Wi-Fi modulu pomocí komunikace UART.



Kondenzátor C6 je zde použit jako blokovací ze stejného důvodu, jako bylo popsáno u mikroprocesoru. Z důvodu vyššího odběru proudu při vysílání dat po Wi-Fi, který je krátkodobý, je využito tantalového kondenzátoru C12. Ten by měl efektivněji potlačit změny napětí na Wi-Fi modulu způsobené vyššími proudovými odběry v krátkých časových intervalech.

Pro měření teploty bylo využito obvodu TC1047AVNBTR. Obvod má nízkou spotřebu, která se pohybuje kolem 35 μA , obsahuje interní referenční napájecí obvod a analogový výstup.



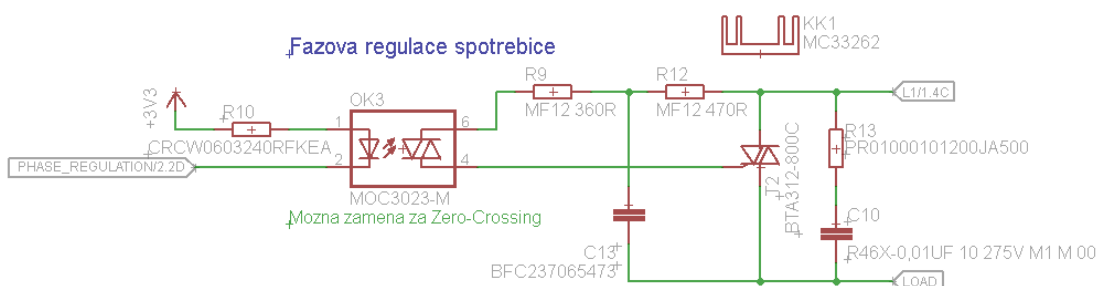
obr. 25 - Převodní charakteristika teplotního senzoru [21]

Z převodní charakteristiky na obr. 25 lze vytvořit lineární rovnici ve tvaru:

$$U_{out} = 0,01 \cdot T + 0,5 \text{ [V, } ^{\circ}\text{C]} \quad (16)$$

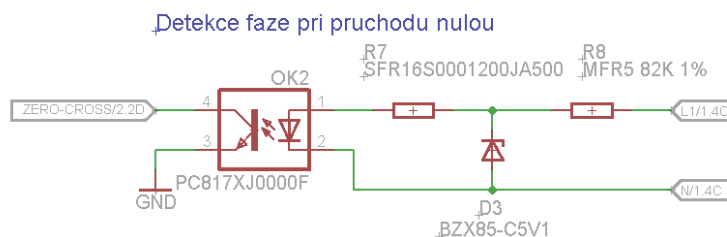
Teplotu v mikroprocesoru pak lze spočítat dle vyjádřené neznámé teploty:

$$T = \frac{U_{out} - 0,5}{0,01} \text{ [} ^{\circ}\text{C, V]} \quad (17)$$



obr. 26 - Zapojení aktuátoru

Triak je spínán pomocí optodiaku, který je chráněn RC členem tvořeným prvky R12 a C13 na obr. 26. Rezistor R9 omezuje proud procházející optodiakem. RC člen tvořený prvky R13 a C10 zajišťuje spolehlivé spínání triaku, jak je popsáno v kapitole 3.1.



obr. 27 - Detekce průchodu napětí nulovou hodnotou

Detekce průchodu napětí nulovou hodnotou je realizováno za pomoci optočlenu, který je napřímo připojen mezi fází a mikroprocesor. Fázové napětí je pomocí Zenerovy diody sníženo na maximální hodnotu 5,1 V, ale aby nedošlo k průrazu Zenerovy diody, je proud omezen pomocí rezistoru R8. Výsledné napětí se pak pohybuje v rozmezí 0 až 5,1 V. Jelikož má fázové napětí v tomto rozsahu vysokou strmost, lze napětí vstupující do optočlenu považovat za obdélíkové. Výstupní napětí je pomocí Pull-Up rezistoru v mikroprocesoru vyčítáno v přerušení. To je vyvoláno pro sestupnou i náběžnou hranu.

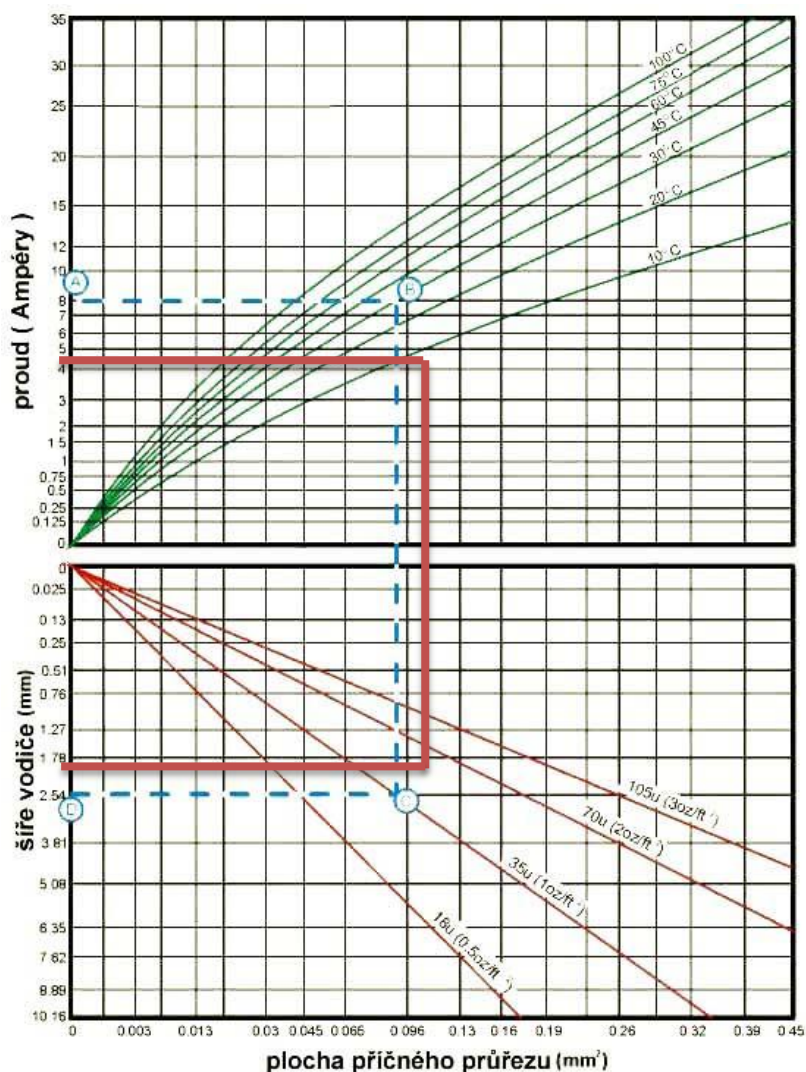
3.7. Realizace plošných spojů a konstrukce

Plošný spoj obsahuje síťové napájecí napětí, tedy 230 V, ale také napájecí napětí pro mikroprocesor a Wi-Fi modul. Proud v silové části by měl být maximálně 5 A. Z tohoto důvodu je nutné dodržet izolační mezery na DPS tak, aby nedošlo k elektrickým průrazům mezi plošnými spoji. Také je nutné dodržet vhodnou šířku



vodiče tak, aby nedošlo k jeho tepelné destrukci. V neposlední řadě se musí brát v úvahu plošné spoje pro mikroprocesor a Wi-Fi modul tak, aby při výrobě nedocházelo k podleptání tenkých spojů.

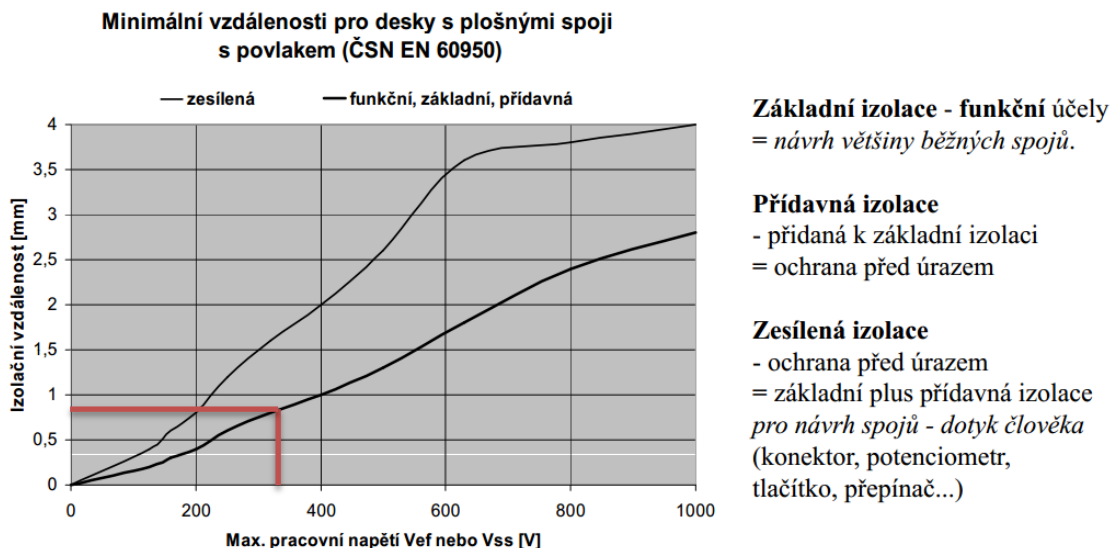
Plošný spoj je vyroben ve firmě PragoBoard s.r.o. Pro volbu tloušťky plošného spoje byly využity materiály zmíněné firmy, které jsou na obr. 28. Červenými linkami je vyobrazena šířka vodiče pro zátěž 5 A a volba tloušťky mědi na DPS. Tloušťka DPS je tedy rovna 70 μm a šířka vodiče tak odpovídá přibližně 1,5 mm.



obr. 28 - Proudová zatížitelnost vodiče [22]

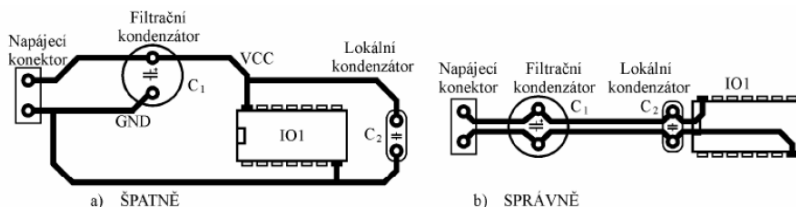
Vzhledem k výskytu síťového napětí na DPS o velikosti 230 V, což odpovídá maximální hodnotě $\sqrt{2} \cdot 230 = 325.27 \text{ V}$, je z grafu na obr. 29 je vyčtena minimální potřebná izolační mezera na DPS mezi spoji. Pro potřeby Wi-Fi klienta je zapotřebí

alespoň základní izolace. Dle grafu na obr. 29 odpovídá tato minimální izolační mezera přibližně 0,8 mm.



obr. 29 - Izolační vzdálenosti na DPS [23]

Na následujícím obr. 30 je zobrazen příklad nesprávného a správného návrhu plošných spojů. V tom nesprávném případě vznikají příliš velké plochy mezi vodiči a tak se projevují parazitní kapacity na DPS.

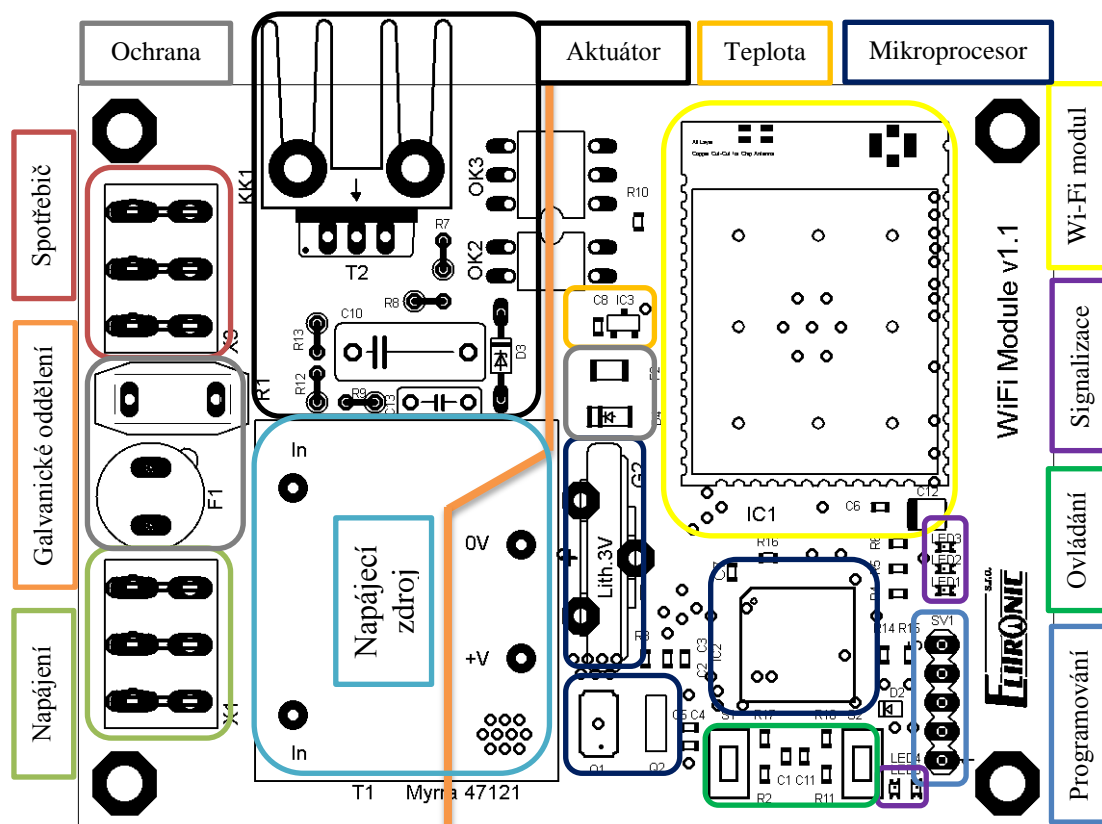


obr. 30 - Parazitní kapacity na DPS [24]

Výsledné DPS je přiloženo v příloze pod obr. 46 a obr. 47 na straně 79. Minimální izolační vzdálenosti na napájecí části odpovídají 1,27 mm oproti požadovaným 0,8 mm. Šířka silových spojů je 2,1844 mm oproti požadovaným 1,5 mm.

Osazovací deska je na obr. 31 s blokovým popisem rozmístění součástek. Je v ní obsažen konektor napájení, konektor pro připojení spotřebiče, ochrany proti zvýšenému proudu či napětí, aktuátor tvořený triakem, napájecí zdroj, galvanické oddělení, mikroprocesor, Wi-Fi modul, signalizace, ovládání a programovací konektor.

Osazovací deska je galvanicky oddělena na dvě části. Levá část obsahuje silové spoje, zatímco pravá část obsahuje spoje s napětím maximálně 3,3 V.



obr. 31 - Osazení plošného spoje

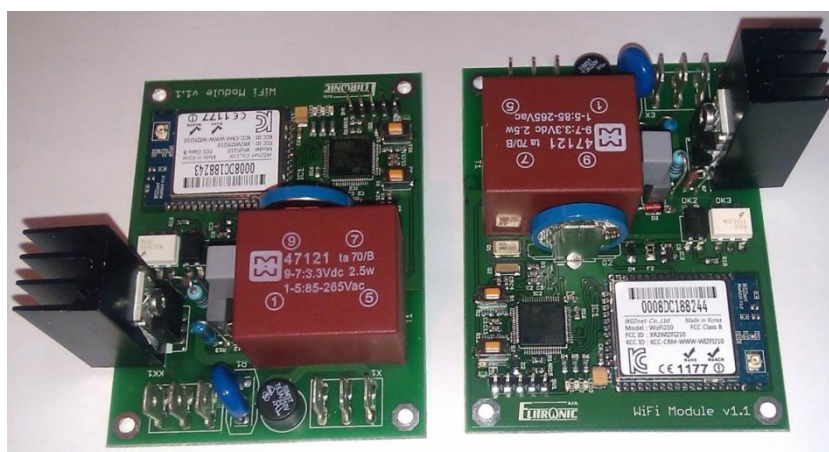
Zhotovené a osazené plošné spoje jsou na obr. 32 na straně 54. Tento plošný spoj je montován do konstrukce, která obsahuje napájecí konektor a zásuvku, která je určena pro připojení ovládaného spotřebiče. Zhotovená konstrukce je na obr. 33.

Popis signalizace a ovládání je v tab. 2 na následující straně. Signalizace LED1, LED2 a LED3 slouží ke kontrole spojení mezi mikroprocesorem a mobilním telefonem, či serverové aplikací. Signalizace LED4 a LED5 informují uživatele o stavu Wi-Fi klienta a spotřebiče.



tab. 2 - Popis signalizace a ovládání

| Označení | Popis |
|----------|--|
| LED1 | Navázáno Wi-Fi spojení |
| LED2 | Komunikace mezi Wi-Fi modulem a mikroprocesorem |
| LED3 | Navázáno TCP spojení |
| LED4 | Rozsvěceno – připojování, konfigurace; blikání – chyba |
| LED5 | Stav spotřebiče (zapnuto/vypnuto) |
| S1 | Reset – výchozí stav (režim AP) |
| S2 | Lokální ovládání spotřebiče (zapnout/vypnout) |



obr. 32 - Realizovaný plošný spoj



obr. 33 - Konstrukční provedení Wi-Fi klienta



3.8. Algoritmy programů

Na základě návrhu topologie a realizací schématu a plošných spojů jsou realizovány i programy, které uvedou celý koncept do funkčního modelu. Výsledkem by měla být komunikace mezi mikroprocesorem a mobilním telefonem v přímém připojení a také za pomoci serverové aplikace tak jak je uvedeno na obr. 14 na str. 43.

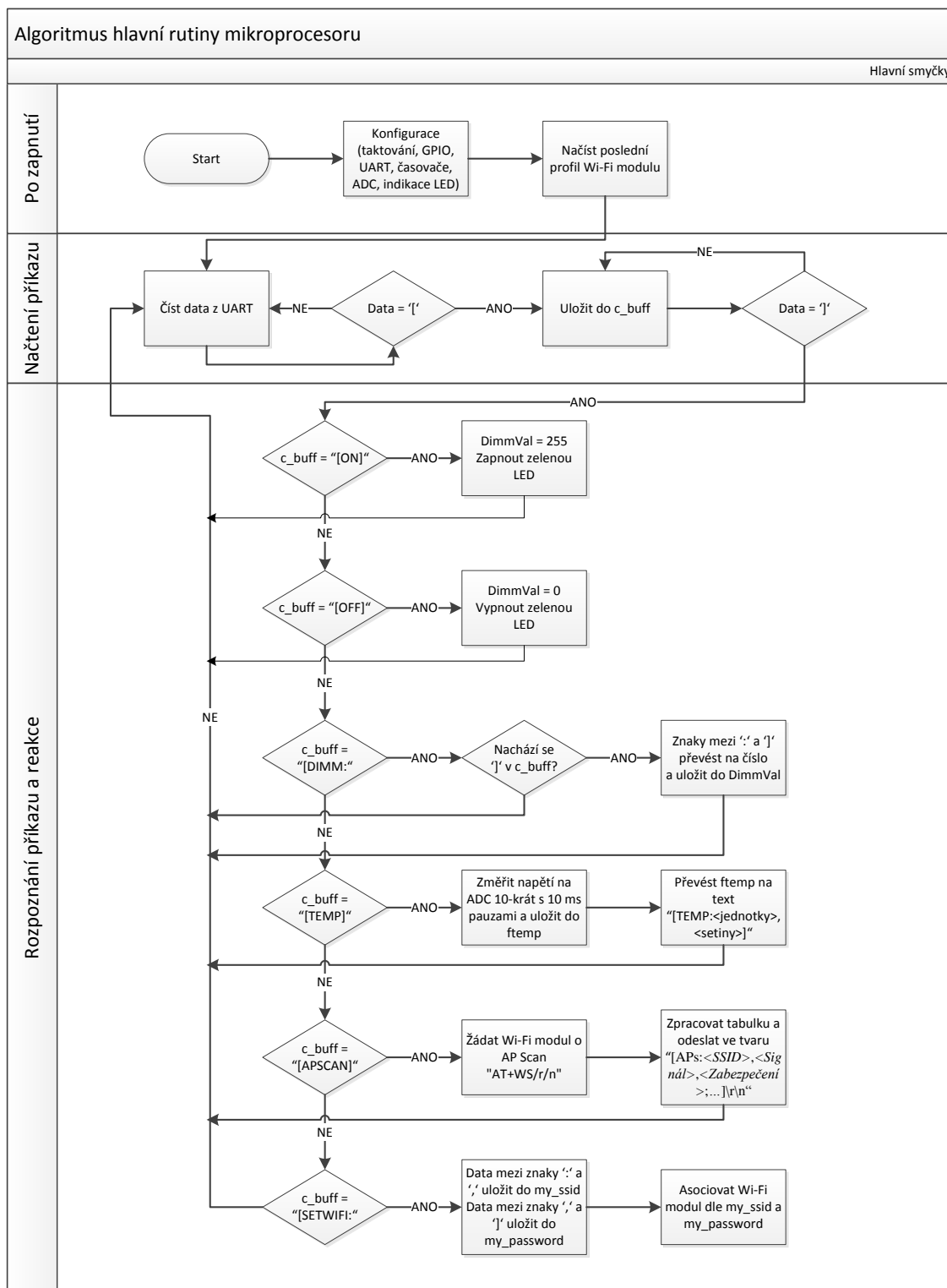
3.8.1. Program v mikroprocesoru

Program běžící v mikroprocesoru je psán v jazyce C a má za úkol správné konfigurace Wi-Fi modulu, zpracování příkazů doručených z transportní vrstvy TCP od serveru či mobilní aplikace.

Po startu programu, tedy po zapnutí Wi-Fi klienta, proběhne konfigurace samotného mikroprocesoru. Nejprve nastaví svůj takt jádra, poté se nastaví GPIO dle zapojení plošných spojů. Pro jednotlivé kontakty jsou nadefinované parametry a název samotného kontaktu. Dále jsou pro nastavení vytvořeny rutiny pro snadnější manipulaci. Některé kontakty jsou nastaveny v režimu externího přerušení. Jedná se o kontakty dle schématu: MANUAL_BUTTON, RESTART_BUTTON a ZERO-CROSS. Další kontakty jsou nastaveny jako běžné výstupy: RED_LED, GREEN_LED, PHASE_REGULATION, WIZFI_PROGRAM/RUN, WIZFI_COMMAND/DATA a WIZFI_FUN2. Pro měření teploty byl využit analogový vstup pojmenovaný TEMPERATURE. Následně jsou nastaveny časovače. Byly vytvořeny tři generátory časů pomocí dvou časovačů. Časovač 3 (TIM3) obstarává generování 1 ms časů pro funkci časových kontrol a prodlevy. Tentýž časovač (TIM3) obstarává generování 39 μ s pro fázovou regulaci, což odpovídá rozlišení 256 kroků pro regulaci s chybou 0,16 %. Časovač 14 (TIM14) obstarává na společném děliči časovačů nejdelší možný generátor času, což odpovídá 10 ms, ten je díky inkrementaci proměnné navýšen na 30 s. Tento čas slouží ke kontrole Wi-Fi spojení, kdy není možné využití jednoho časovače z důvodu implicitního volání přerušení. Nastal by stav, kdy časovač přestane volat přerušení pro inkrementaci proměnné a čekací smyčka by se tak stala nekonečnou smyčkou. V poslední fázi konfigurace mikroprocesoru je nastavena komunikace UART na kontaktech TXD, RXD, CTS, RTS o rychlosti



115200 Baud. Periférie UART vyvolává přerušení při příjmu dat, ta jsou pak ukládána do cyklického zásobníku.



obr. 34 - Vývojový diagram hlavní rutiny mikroprocesoru



Po konfiguraci mikroprocesoru následuje hlavní rutina, která čeká na celý příchozí příkaz, který je započat znakem '[' a ukončen znaky ']\r\n'. Řetězec včetně závorek je uložen do zásobníku.

Příkazy jsou třízeny dle tab. 1 na straně 42. Pokud se jedná o první tři příkazy, tedy ovládání spotřebiče, hodnota regulované veličiny je uložena do proměnné DimmVal, která se pohybuje v rozmezí 0 až 255. Reakce probíhá až v samotném přerušení od časovače.

Přijme-li mikroprocesor příkaz, který žádá o teplotu, dojde k několikanásobnému měření hodnoty z periférie ADC, pak následuje následný převod na napětí a tato hodnota je dle charakteristiky na obr. 25 na straně 49 převedena na teplotu. Výsledná hodnota je rozdělena na celá čísla a na setiny, ty jsou následně převedena na text a výsledek je odeslán ve tvaru, který je uveden v tab. 1 na straně 42.

Přijem žádosti o vyhledávání viditelných AP, tedy název SSID, reaguje odesláním AT příkazu do Wi-Fi modulu, ten následně odešle do mikroprocesoru tabulku viditelných informací v následujícím tvaru:

| BSSID | SSID | Channel | Type | RSSI | Security |
|------------------------------|------|---------|-------|-------|-----------------|
| 01:23:45:67:89:AB, MojESSID1 | | , 01, | INFRA | , -57 | , WPA-PERSONAL |
| CD:EF:01:23:45:67, MojESSID2 | | , 05, | INFRA | , -91 | , WPA2-PERSONAL |
| 89:A0:12:34:56:78, MojESSID3 | | , 08, | INFRA | , -88 | , WEP |

No.Of AP Found:3
[OK]

Z této tabulky jsou nejprve vymazány všechny mezery. Poslední řádek slouží jako potvrzení celé zprávy. V předposledním řádku je vyčteno, kolik bylo nalezených a vypsaných AP. První řádek není využit. Zbylé řádky jsou uloženy po pole, které definuje nalezené AP. Jednotlivé parametry jednoho AP jsou pak také uloženy do jednoho pole. Řetězce polí ve výsledku však tvoří dvojrozměrná pole. Tato data jsou pak převedeny do jednoho příkazu, který by pak vypadal v tomto tvaru:

[APs:MojESSID1,-57,WPA-PERSONAL; MojESSID2,-91,WPA2-PERSONAL; MojESSID3,-88,WEP]\r\n

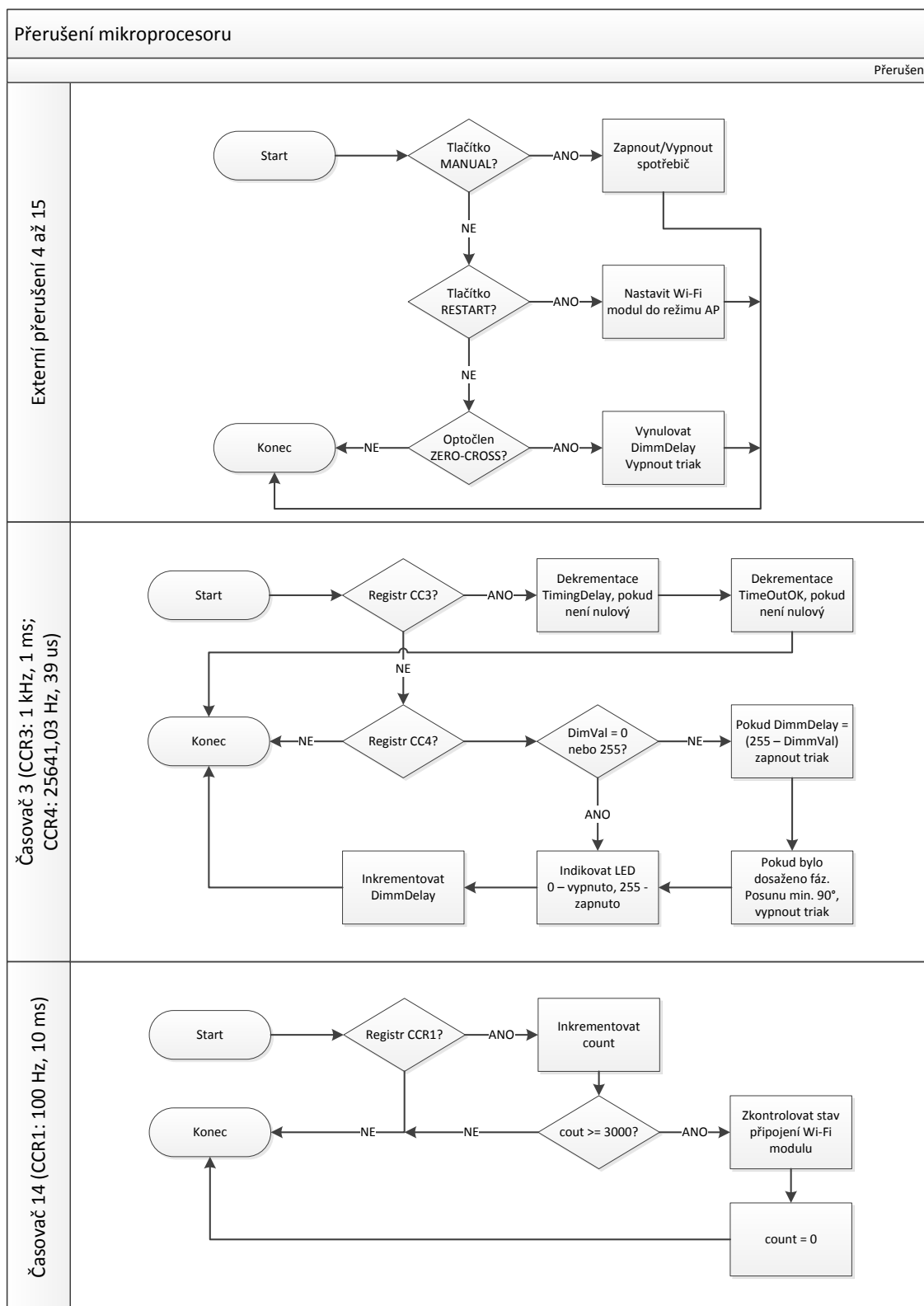
Poslední z příkazů žádá o asociaci Wi-Fi klienta ke konkrétnímu AP. Příkaz obsahuje pouze název sítě a potřebné heslo k asociaci.



Následující vývojový diagram na obr. 35 na straně 59 zobrazuje rutiny, které jsou prováděny při přerušení. V prvním případě jsou všechna externí přerušení umístěna pod jedním přerušovacím vektorem. Je nutné v tomto přerušení rozlišit, který ze zdrojů tento přerušovací vektor vyvolal. Ze zapojení to mohou být pouze tři zdroje a to MANUAL_BUTTON, RESTART_BUTTON a ZERO-CROSS. Jedná se o dvě tlačítka a jednu detekci průchodu napětí nulovou hodnotou. První ze zmíněných tlačítek přepíná stav DimmVal z 0 na 255 či naopak. Další externí přerušení slouží k vynulování časovače generující časy pro fázovou regulaci.

Časovač 3, neboli TIM3, obsahuje dva registry (CCR3 a CCR4), u kterých dochází k nezávislým inkrementacím. Oba registry vyvolávají stejný vektor přerušení časovače. Obdobně jako u externích přerušení se zde zjišťuje, který z těchto registrů vyvolal přerušení. Vyvolá-li vektor přerušení registr CCR3, volá se funkce, která nezávisle dekrementuje dvě proměnné. Jedna z nich má na starosti časové prodlevy a druhá z nich slouží k časovým limitům, např. pro hlídání příchozích zpráv. Vyvolá-li vektor přerušení registr CCR4, volá se funkce, která provádí fázovou regulaci. V případě, že je hodnota DimmVal rovna 0 či 255, nedochází k fázové regulaci, ale přímo k zapnutí spotřebiče v případě hodnoty 255, či vypnutí spotřebiče v případě hodnoty 0.

V poslední řadě je tu vektor přerušení, který volá časovač 14, neboli TIM14. Ten slouží k volání funkce, která kontroluje stav připojení TCP. Tato funkce je volána každých 30 s.



obr. 35 - Vývojový diagram přerušení mikroprocesoru



3.8.2. Mobilní aplikace

Mobilní aplikace je psána v jazyce Java a má za úkol komunikovat přímo s Wi-Fi klientem, případně prostřednictvím serverové aplikace. Tato mobilní aplikace byla napsána pro nejrozšířenější mobilní platformy, tedy Android.

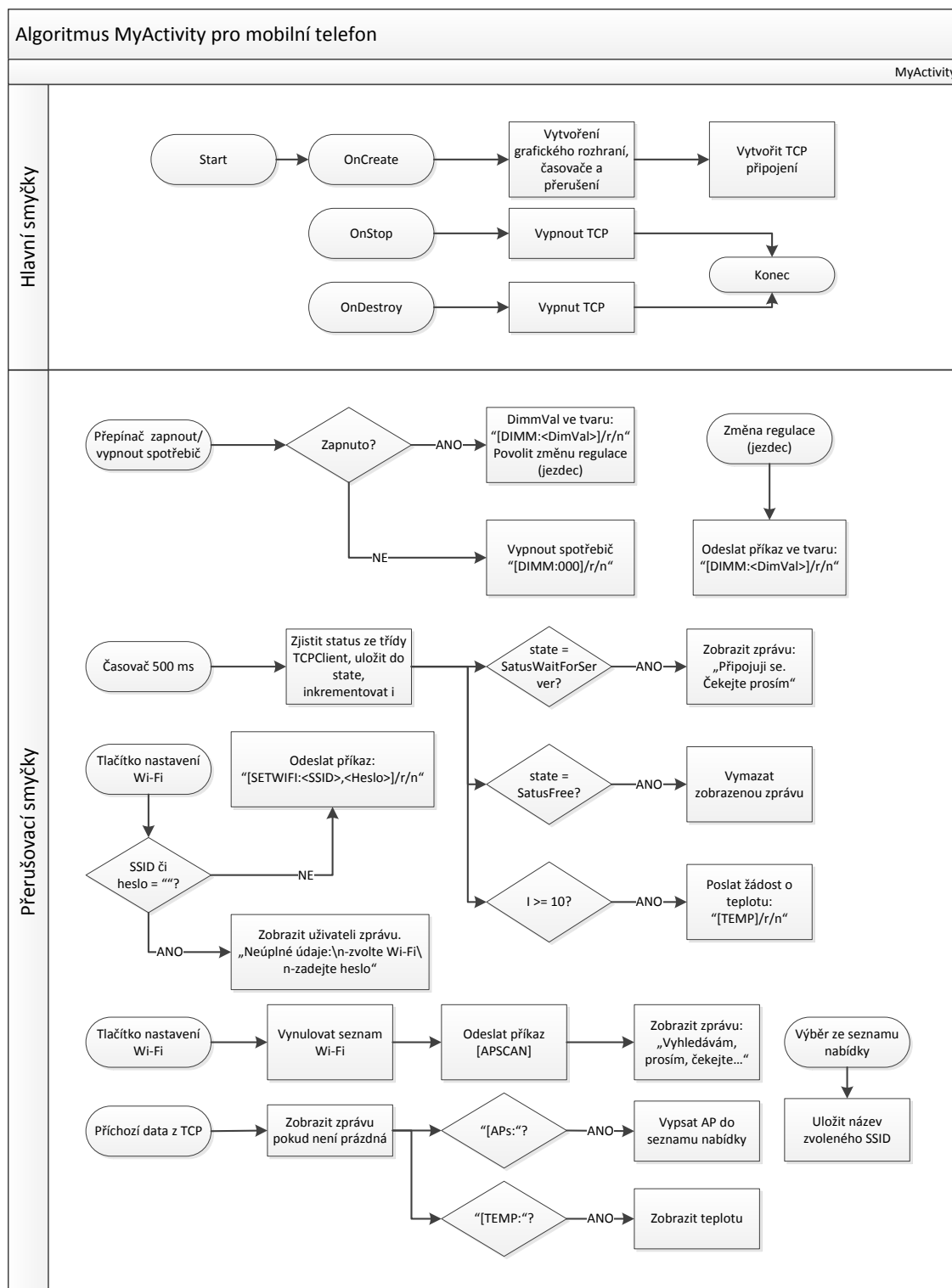
Po spuštění aplikace se vyvolá v hlavní třídě procedura onCreate. V této proceduře se nastaví grafické prostředí celé aplikace, jako jsou tlačítka, nabídky, text aj. Mimo zmiňované grafické zobrazení se v této proceduře volá TCP spojení z jiné třídy.

Dojde-li k volání funkce onStop, což je vypnutí aplikace uživatelem, nebo onDestroy, což je vypnutí aplikace systémem Android, dojde k odpojení spojení TCP.

V průběhu běhu aplikace se mohou volat v režimu přerušení procedury, jako jsou tlačítka, výběr nabídky, změna hodnoty na posuvníku aj. Výchozí nastavení posuvníku je na maximální hodnotě, která odpovídá 255 a zároveň je deaktivován. Po stisku tlačítka pro zapnutí či vypnutí spotřebiče se změní stav aktivace posuvníku a nastaví se buď nulová hodnota DimmVal, či aktuální hodnota posuvníku. Byla vytvořena procedura v hlavní třídě, která má vymezení vlákno. Na konci tohoto vlákna je vytvořena časová prodleva 500 ms. Tato procedura funguje stejně jako časovač. V tomto časovači je hlídán stav spojení TCP, dle toho je zobrazena či vymazána zpráva uživateli. Zároveň inkrementuje proměnnou a v případě, že je její hodnota rovna deseti, odpovídá to času 5 s. V tomto čase se mobilní aplikace dotazuje na teplotu dle tab. 1 na straně 42 a zároveň nuluje tuto proměnnou. Jakákoli změna posuvníku je okamžitě odeslána jako příkaz k nastavení fázové regulace. Tlačítko pro vyhledávání AP vyšle dotaz o vyhledání viditelných AP. Následně mikroprocesor odpoví zpracovanou tabulkou do jednoho řádku. Ten je následně zpracován mobilní aplikací do nabídky. Uživatel je nucen z nabídky vybrat SSID, ke které chce asociovat Wi-Fi klienta. Volbou nastavit se do mikroprocesoru odešle název SSID a potřebné heslo k asociaci. Ten nastaví Wi-Fi modul dle již zmíněného popisu. Tímto se přejde nutnost zadávání SSID ze strany uživatele ručně a zároveň se tak předejde i možnosti,



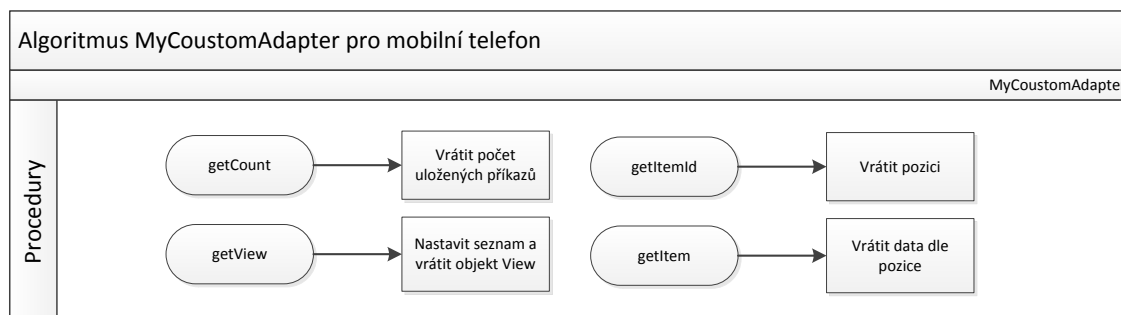
že by zadané SSID bylo pro Wi-Fi klienta neviditelné. Pro příchozí data z TCP spojení je vytvořeno přerušení. V něm jsou příkazy rozlišovány.



obr. 36 - Vývojový diagram mobilní aplikace třídy MyActivity

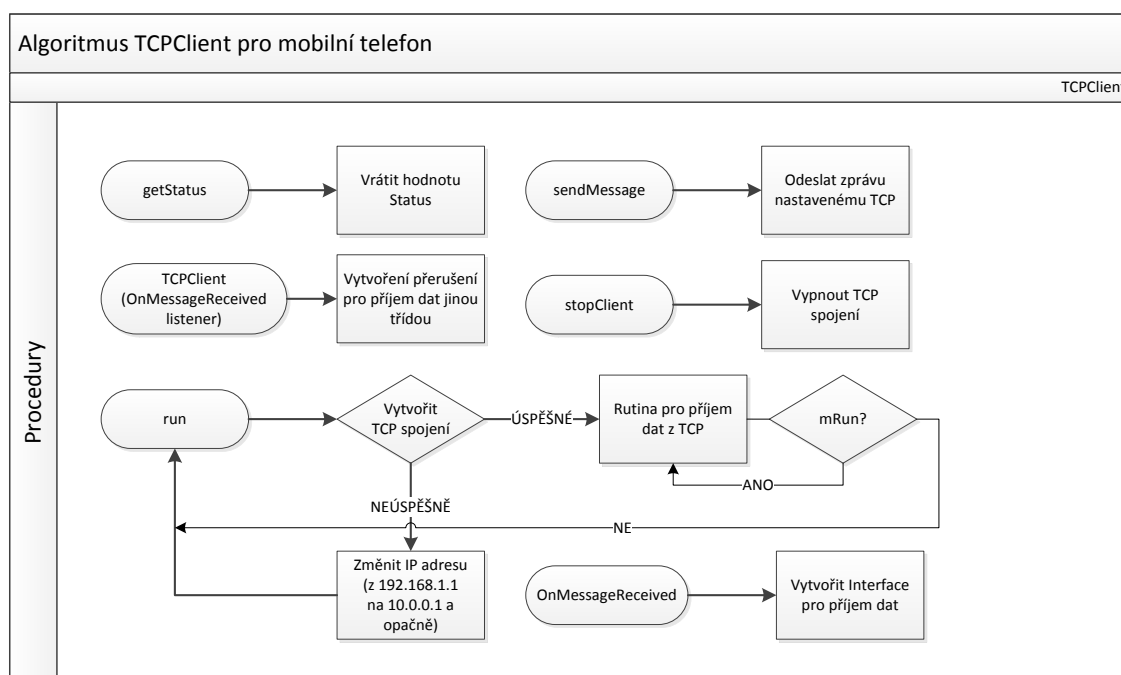


Třída MyCoustomAdapter, jak je znázorněna na obr. 37, třídí a ukládá jednotlivé zprávy oddělené znaky “\r\n“, tedy enterem, do pole. Toto pole je uchováváno tak, že nejstarší příkaz je uložen vždy v nulovém indexu pole, novější je uložen na konci tohoto pole. Jedná se tedy o zásobník FIFO.



obr. 37 - Vývojový diagram mobilní aplikace třídy MyCoustomAdapter

Třída TCPClient má na starosti správně fungující spojení. Pro zjištění stavu spojení je vytvořena procedura getStatus. Aby bylo možné reagovat na příchozí zprávy z jiné třídy, je třeba předat lokální přerušení. To je znázorněno na obr. 38. Pro správně fungující spojení je třeba volat proceduru run.



obr. 38 - Vývojový diagram mobilní aplikace třídy TCPClient



Procedura run se volá v hlavní třídě v proceduře OnCreate. Procedura run je nekonečná. Pokud dojde k přerušení spojení s jednou IP adresou, bude se pokoušet o připojení s druhou IP adresou. V případě, že je proměnná mRun rovna High a spojení TCP je navázáno, tak se nekonečná smyčka zkrátí jen pro vyčítání příchozích dat. Je-li spojení navázáno, lze využít procedury sendMessage, která pomocí aktuálně navázaného TCP spojení odešle textový řetězec.



obr. 39 – ElitronicApp

Na obr. 39 je vidět mobilní aplikace. V horní části je umístěno tlačítko, které vypíná či zapíná spotřebič. Pod ním je umístěn posuvník, který nastavuje hodnotu fázové regulace. Pak je k vidění hodnota teploty, na kterou se mobilní aplikace táže každých 5 s. V nabídce je zobrazen seznam AP, které zaslal mikroprocesor. Po zadání hesla lze nastavit Wi-Fi klienta.

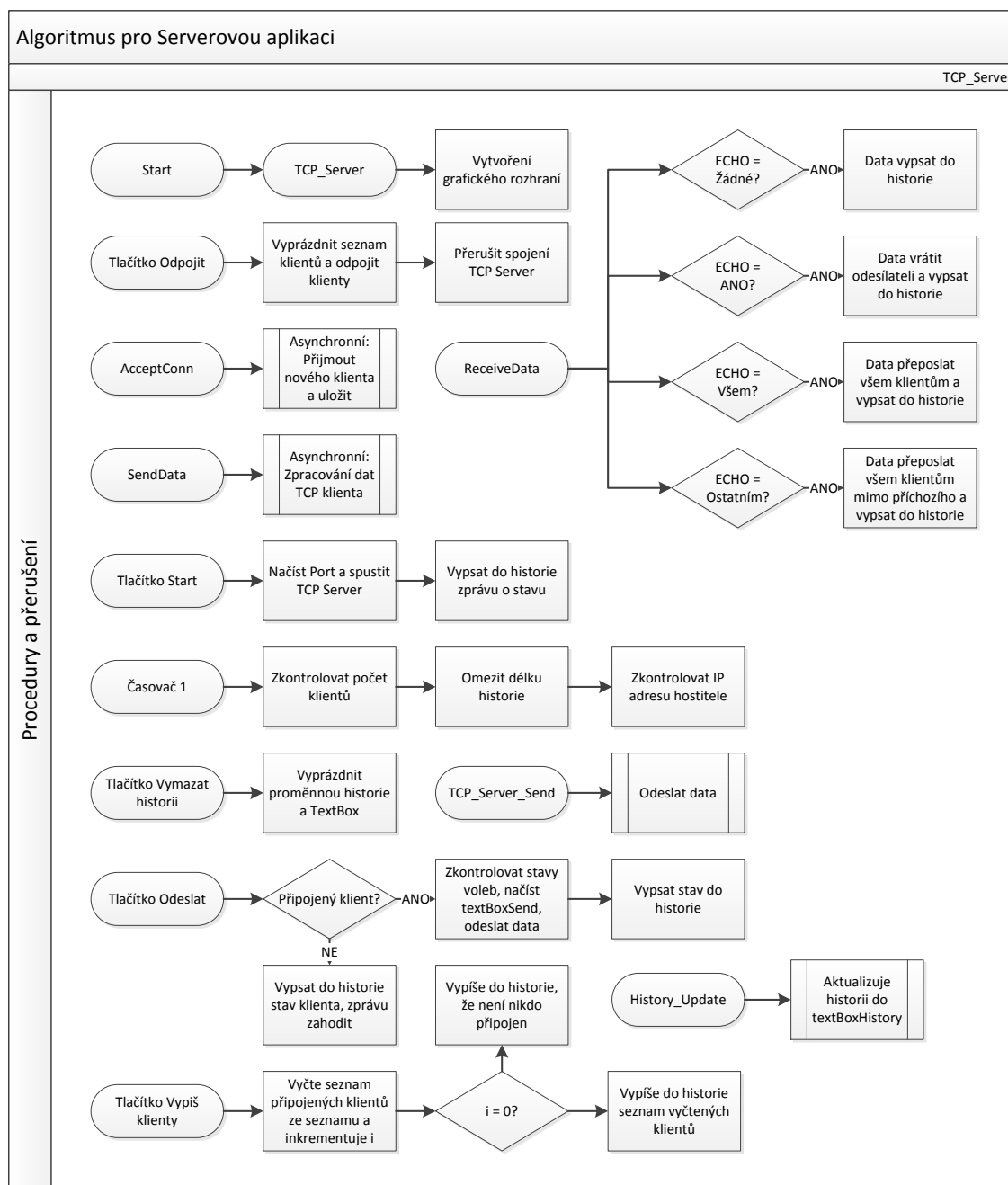
3.8.3. Serverová aplikace

Serverová aplikace je psána v jazyce C# a slouží k demonstraci funkčnosti spojení Wi-Fi klienta a domácího směrovače. Tato koncepce zahrnuje i možnost ovládání spotřebiče pomocí internetu, tedy vzdáleného přístupu. K tomuto vzdálenému přístupu je však zapotřebí veřejné IP adresy.

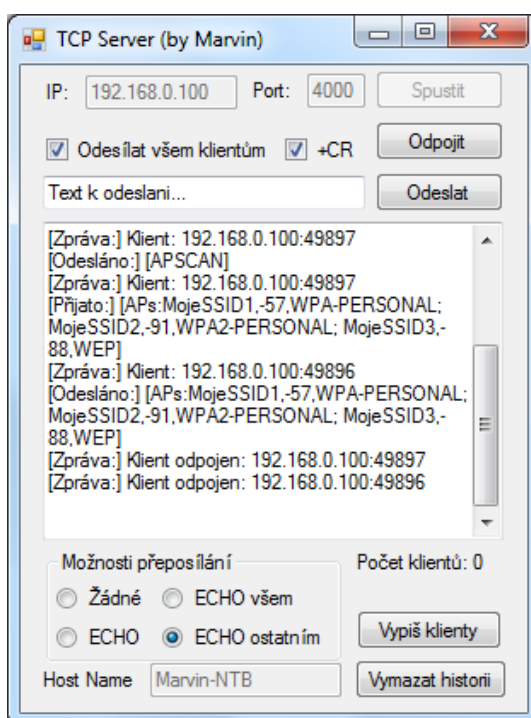
Tato aplikace slouží k přeposílání zpráv mezi Wi-Fi klientem a mobilním telefonem. Zprávy nijak nezpracovává. Eviduje si seznam připojených klientů.



Po zapnutí je vytvořeno grafické prostředí. Stiskem tlačítka Spustit se vytvoří TCP server dle zadaného portu v případě, že tento port již není na stejném serveru či PC obsazen jiným TCP serverem.



obr. 40 - Vývojový diagram serverové aplikace



obr. 41 - TCP Server

Na obr. 41 je vidět, že se veškerá historie zobrazuje do textového pole. Z tohoto TCP serveru lze zasahovat do jednotlivých zařízení přímo. Možnosti přeposílání zaručují přenos dat mezi Wi-Fi klientem a mobilní aplikací.



4. Shrnutí

Pro ovládání spotřebiče tímto zařízením bylo nutné navrhnout správný způsob nastavení Wi-Fi komunikace. Na základě poznatků o technologii Wi-Fi byl navržen zcela nový způsob přístupu k nastavení této technologie. Oproti konkurenčním či obdobným zařízením jako je Belkin WeMo, Wi-Fi tiskárny či domácí směrovače není nutné využití patentované komunikace, certifikovaného spárování zařízení (WPS), propojovacího kabelu či klávesnice a displeje. Technologie WPS byla shledána v této práci jako nestandardní, dostatečně nezabezpečená a také se jeví z pohledu její krátké podpory jako nevhodná. Dalšími nevyhovujícími prostředky byly shledány připojení pomocí USB, Bluetooth, NFC a LAN.

Dálkové ovládání spotřebičů využívá bezdrátového modulu podporující unifikované příkazy ze strany mikroprocesoru. Návrh tohoto zařízení se snažil z počátku využít nejzákladnější možnosti technologie Wi-Fi. Byly skloubeny veškeré požadavky na jednoduchost. Toho bylo dosaženo tak, že zařízení lze přepnout do režimu přístupového bodu. Tím je uživatel schopen se k zařízení připojit z libovolného Wi-Fi zařízení jako je mobilní telefon, osobní počítač aj. Jakmile je zařízení v tomto režimu správně nastaveno, přejde do režimu infrastruktury a připojí se k domácímu směrovači. Uživatel tak má možnost ovládání spotřebiče za pomoci zhotovené aplikace pro mobilní telefon pouhým tlačítkem či posuvníkem na displeji, aniž by přišel o připojení k internetu. Přístup k zařízení v režimu infrastruktury je zpřístupněn za pomoci serverové aplikace, která eviduje seznam připojených TCP klientů a obstarává přeposílání dat. Pro případ poruchy spojení lze spotřebič ovládat přímo na realizovaném dálkovém ovládání spotřebiče pomocí jednoho tlačítka. Druhým tlačítkem na zařízení jej lze uvést do původního stavu, pro případ připojení k jinému směrovači.

Jako akční člen ovládající spotřebič byl zvolen triak a jeho vhodné zapojení, které zaručí jeho spolehlivé ovládání. Výhoda této volby spočívá v nízké elektrické spotřebě, nulová hluchost a nízké náklady oproti relé či bistabilnímu relé. Jelikož lze v dnešní době stmívat halogenové žárovky či stmívatelné LED žárovky, byla



realizována funkce stmívání. Spotřebič tak lze nejen zapínat či vypínat, ale lze jej i regulovat. Na základě požadavků zadavatele byl na zařízení umístěn tepelný senzor, jehož hodnota se zobrazuje na displeji mobilního telefonu.

Pro budoucí alternativu tohoto zařízení lze nahradit či doplnit senzor barometrickým, pohybovým či jiným uživatelem preferovaným senzorem. Akční člen by bylo vhodnější realizovat za pomoci tranzistorového zapojení, kvůli stmívání menších zátěží jako jsou LED žárovky do výkonu řádově jednotek watt.



Závěr

Výsledkem této práce je funkční dálkové ovládání spotřebičů.

Bylo navrženo vlastní schéma, realizován plošný spoj a vytvořen program ovládající mikroprocesor. Dále byly naprogramovány serverové aplikace a také aplikace pro mobilní telefon. Práce byla zhotovena na základě požadavků firmy Elitronic s.r.o. Byly splněné veškeré požadavky této práce, mimo ně byl navíc realizován akční člen umožňující funkce stmívání, serverová aplikace a aplikace pro mobilní telefon, která není pouze textovým terminálem, jak bylo požadováno.

Pro menší náklady se tu otevírají nové možnosti jako například náhrada mikroprocesoru a Wi-Fi modulu samostatně pracujícím mikroprocesorem, který by obsahoval periférii Wi-Fi. Zařízení by tak bylo postaveno na jediném integrovaném řídicím obvodu. Tato varianta však s sebou přináší spoustu rizik, jako jsou výpočetní nároky na samostatný integrovaný obvod, problematika regulace vysílacího výkonu, optimalizace samotného programu, naprogramování komunikačních vrstev, od fyzické až po aplikační. Vhodnou alternativou se zdají být SoC obvody Atheros AR9331 Chipset a Ralink RT5350F. Pro snadnější vývoj aplikací by bylo vhodné využít Linuxovou distribuci OpenWRT, to ovšem obnáší veliké nároky na operační paměť.

Elitronic s.r.o. jedná v současnosti s třetí stranou o návrhu serverové databázové aplikace, která by měla umožnit uživatelům ovládání tohoto zařízení z internetu, aniž by byl uživatel nucen si zajišťovat veřejnou IP adresu od internetového poskytovatele. Na základě tohoto možného rozšíření by bylo vhodné komunikaci rozšířit o zabezpečené připojení. S tím je však počítáno již od návrhu. Zvolený Wi-Fi modul podporuje zabezpečení SSL. Rozšíření je tak otázkou budoucí kooperace serverové databázové aplikace a programu v realizovaném zařízení.



Literatura

- [1]. *Inteligentní budovy: moderní technologie pro inženýry*. Český Těšín: Trade Media International, 2012, roč. 2, č. 2013. ISSN 1805-501X. Dostupné z: <http://inbudovy.cz>.
- [2]. EISSA, M.M., A. ALI, Ihab a ABDEL-LATIF, K.M. 2013. Wi-Fi protected access for secure power network protection scheme. *INTERNATIONAL JOURNAL OF ELECTRICAL POWER & ENERGY SYSTEMS* [online]. Vol. 46, issue March 2013, s. 414-424, [cit. 2013-04-05]. ISSN 0142-0615. DOI: 10.1016/j.ijepes.2012.10.034. Dostupné z: databáze Web of Knowledge.
- [3]. PECHAČ, Pavel. *Šíření vln v zástavbě*. Praha: BEN - technická literatura, 2005, 108 s. ISBN 80-730-0186-1.
- [4]. IEEE VEHICULAR TECHNOLOGY CONFERENCE. 2006. *63rd IEEE Vehicular Technology Conference: VTC2006-Spring : Melbourne : proceedings :7-10 May, 2006, Melbourne, Australia* [online]. Piscataway, N.J: IEEE, 2006 [cit. 2013-04-05]. ISBN 0780393910. Dostupné z: databáze IEEE Xplore.
- [5]. RODRIGUES, Joel et al. 2011. *Green Communications and networking: First International Conference, GREENETS 2011, Colmar, France, October 5-7, revised selected papers* [online]. 1st ed. New York: Springer. [Cit. 2013-04-05]. Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering. ISBN 9783642333682, ISBN 9783642333682. DOI: 10.1007/978-3-642-33368-2. Dostupné z: databáze Springer Link.
- [6]. BELKIN INTERNATIONAL, INC. WeMo Switch | WEMO | heimaautomatisierung | PRODUKTE | Belkin Germany Site. *Belkin* [online]. 2013 [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: <http://www.belkin.com/de/F7C027/p/P-F7C027>.
- [7]. HOLČÍK, Tomáš. Belkin WeMo: ovládejte zásuvky přes internet - Živě.cz. MLADÁ FRONTA A. S. *Živě* [online]. 2012 [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: <http://www.zive.cz/clanky/belkin-wemo-ovladejte-zasuvky-pres-internet/sc-3-a-166510/default.aspx>.



- [8]. HAMID, Mamoon. 2001. Building a Bluetooth access point with programmable logic. *Electronic engineering*. London: CMP Information Ltd. ISSN 0013-4902. Dostupné z: databáze Proquest.
- [9]. KOTSIS, Gabriele et al. 2008. *Proceedings of the 10th International Conference on Information Integration and Web-based Applications* [online]. New York, NY: ACM, [cit. 2013-04-05]. ISBN 9781605583495. Dostupné z: databáze ACM Digital Library.
- [10]. DOSTÁLEK, Libor. *Velký průvodce protokoly TCP/IP a systémem DNS*. 3. aktualiz. a rozš. vyd. Praha: Computer Press, 2002, xiv, 542 s. ISBN 80-722-6675-6.
- [11]. TODOROV, Lukáš. Semestrální práce z předmětu KIV/ZPS | TCP/IP. *Západočeská universita* [online]. 2011 [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: <http://home.zcu.cz/~tody/kiv-zps/tcp-ip.html>.
- [12]. NXP B.V. *BTA312-800C* [online]. 2012 [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: http://www.nxp.com/documents/data_sheet/BTA312-800C.pdf.
- [13]. MULTICOMP. *Heatsink* [online]. 2012 [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: <http://www.farnell.com/datasheets/1680171.pdf>.
- [14]. PORDUE UNIVERSITY. *SCR & Triac Snubbing* [online]. 2008 [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: educypedia.karadimov.info/library/08-Snubbing.pdf.
- [15]. TAMATE, Michio et al. 2013. A carrier phase control suitable for conducted EMI noise reduction in a multiple-converter system. *Electrical Engineering in Japan* [online]. Roč. 183, č. 3, s. 56-66 [cit. 2013-04-05]. ISSN 0424-7760. DOI: 10.1002/eej.21305. Dostupné z: databáze WILEY ONLINE LIBRARY.
- [16]. FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION. *6-Pin DIP Random-Phase Optoisolators Triac Driver Output (250/400 Volt Peak)* [online]. 2005 [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: www.fairchildsemi.com/ds/MO/MOC3020M.pdf.
- [17]. KUNC, Josef. *Stmívání (1.)* — Elektri.cz, portál o silnoproudé elektrotechnice, elektroinstalace, vyhlášky, schémata zapojení. ELEKTRIKA.CZ SPOL. S R.O.



- Vítejte na oficiální prezentaci společnosti Elekrika.cz — Elekrika.info* [online]. 2004 [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: http://elekrika.cz/data/clanky/stm1_040209.
- [18]. WIZNET. 2013. *WizFi210/220 User Manual(EN) V1.14*. In: Innovative Embedded Networking : Device Server, WiFi, Ethernet [online]. [Cit. 2013-04-05]. Dostupné z: http://www.wiznet.co.kr/Sub_Modules/en/technical/Download_View.asp?PK_Num=449.
- [19]. PINKER, Jiří. *Mikroprocesory a mikropočítače*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2004, 159 s. ISBN 80-730-0110-1.
- [20]. MYRRA. Products | Myrra. *Home | Myrra* [online]. 2013 [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: <http://www.myrra.com/en/productsmyrra>.
- [21]. MICROCHIP TECHNOLOGY INC. *TC1047/TC1047A* [online]. 2012 [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/21498D.pdf>.
- [22]. PRAGOBOARD S.R.O. Proudová zatížitelnost vodiče | PragoBoard s.r.o. - vícevrstvé, dvou a jednovrstvé plošné spoje. | *PragoBoard s.r.o.* [online]. 2013 [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: http://www.pragoboard.cz/proudova_zatizitelnost.
- [23]. ZÁHLAVA, Vít. *IZOLAČNÍ VZDÁLENOSTI NA PLOŠNÝCH SPOJÍCH* [online]. 2013 [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: http://www.micro.feld.cvut.cz/home/zahlava/ppn/prednasky/vlastnosti_DPS.pdf.
- [24]. ZÁHLAVA, Vít. *Metodika návrhu plošných spojů*. Vyd. 1. Praha: ČVUT, Elektrotechnická fakulta, 2000, 81 s. ISBN 80-010-2193-9.
- [25]. STMICROELECTRONICS. 2012. *Low- and medium-density advanced ARM™-based 32-bit MCU with 16 to 64 Kbytes Flash, timers, ADC, DAC and comm. interfaces*. In: Datasheet [online]. [Cit. 2013-04-05]. Dostupné z: http://www.st.com/st-web-ui/static/active/en/resource/technical/document/datasheet/DM00039193.pdf?s_archtype=keyword.



- [26]. GAINSPAN CORPORATION. *Ultra Low-Power Wireless System on Chip (SoC)*
[online]. 2011 [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: www.gainspan.com/docs2/GS1011-PB.pdf.



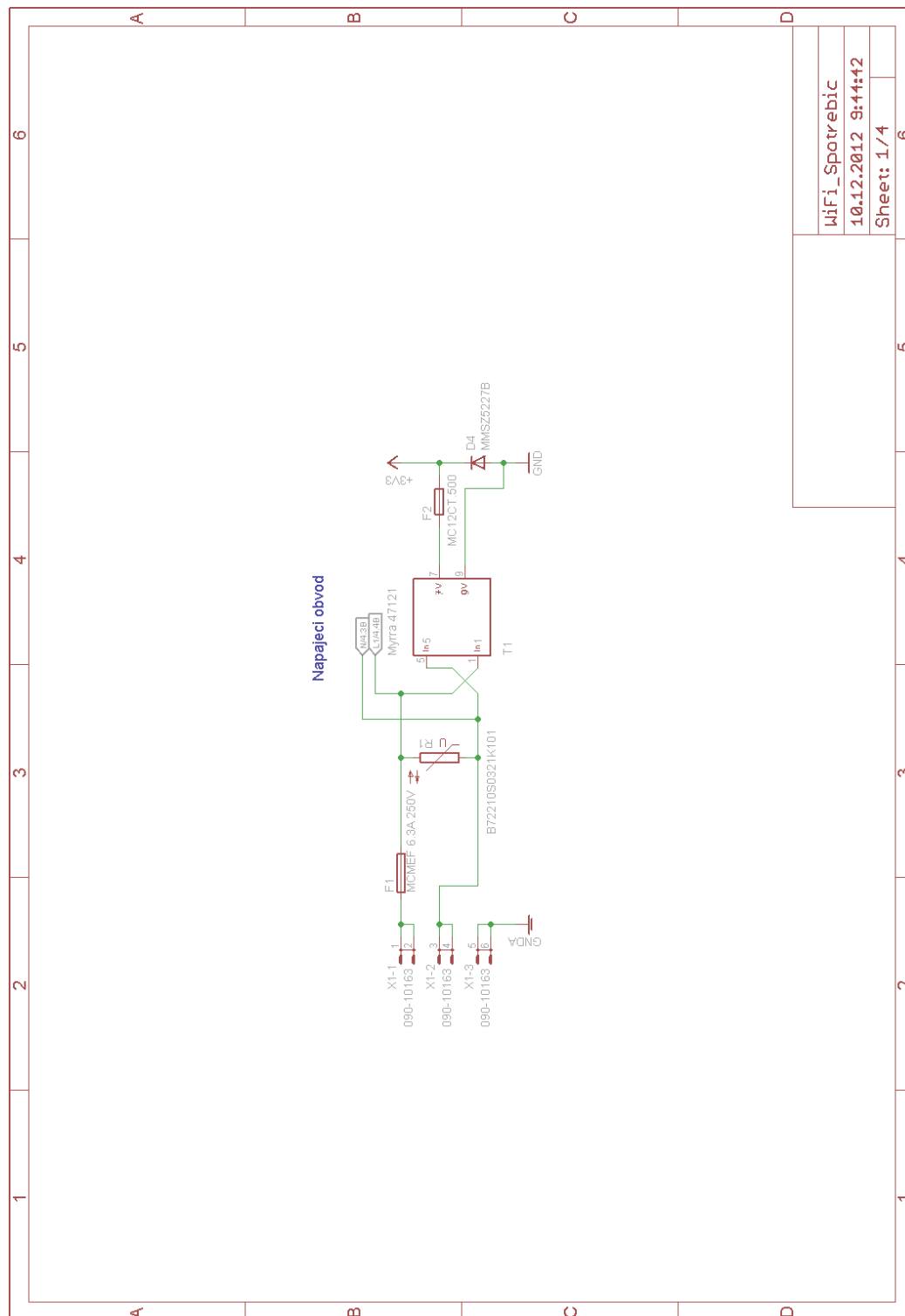
Seznam příloh

| | |
|---|----|
| PŘÍLOHA A: DATA KE SCHÉMATICKÉ DOKUMENTACI | 74 |
| PŘÍLOHA B: DATA K PLOŠNÉMU SPOJI | 79 |
| PŘÍLOHA C: SPECIFIKACE WI-FI MODULU WIZFI210 A MIKROPROCESORU STM32F051R8T6 | 80 |
| PŘÍLOHA D: VÝVOJOVÉ KITY | 81 |
| PŘÍLOHA E: REFERENČNÍ ZAPOJENÍ VÝVOJOVÝCH KITŮ | 82 |
| PŘÍLOHA F: BLOKOVÉ DIAGRAMY INTEGROVANÝCH OBVODŮ | 84 |
| PŘÍLOHA G: OBSAH PŘILOŽENÉHO DVD | 86 |

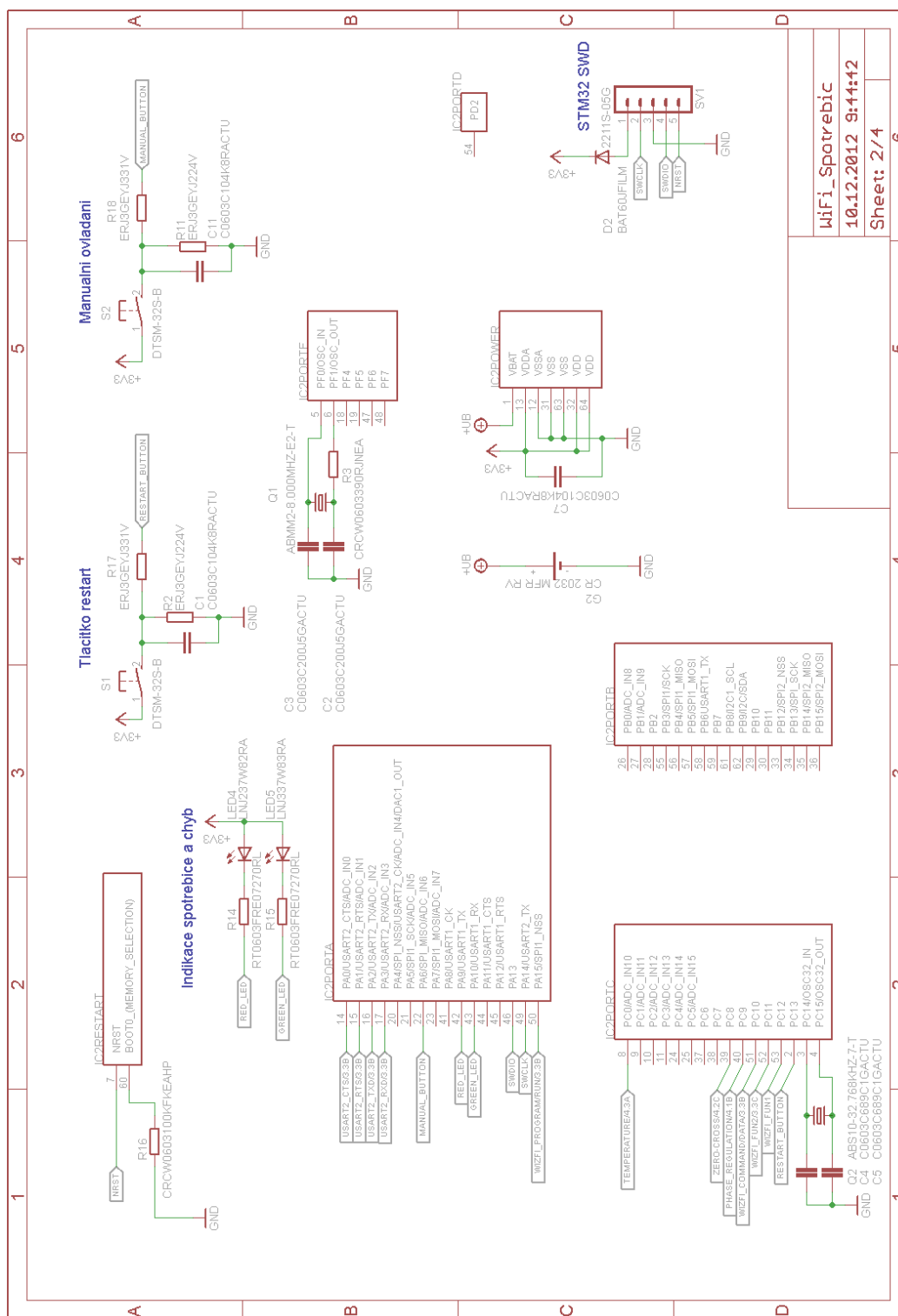


Přílohy

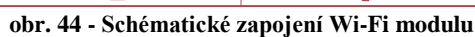
Příloha A: Data ke schématické dokumentaci

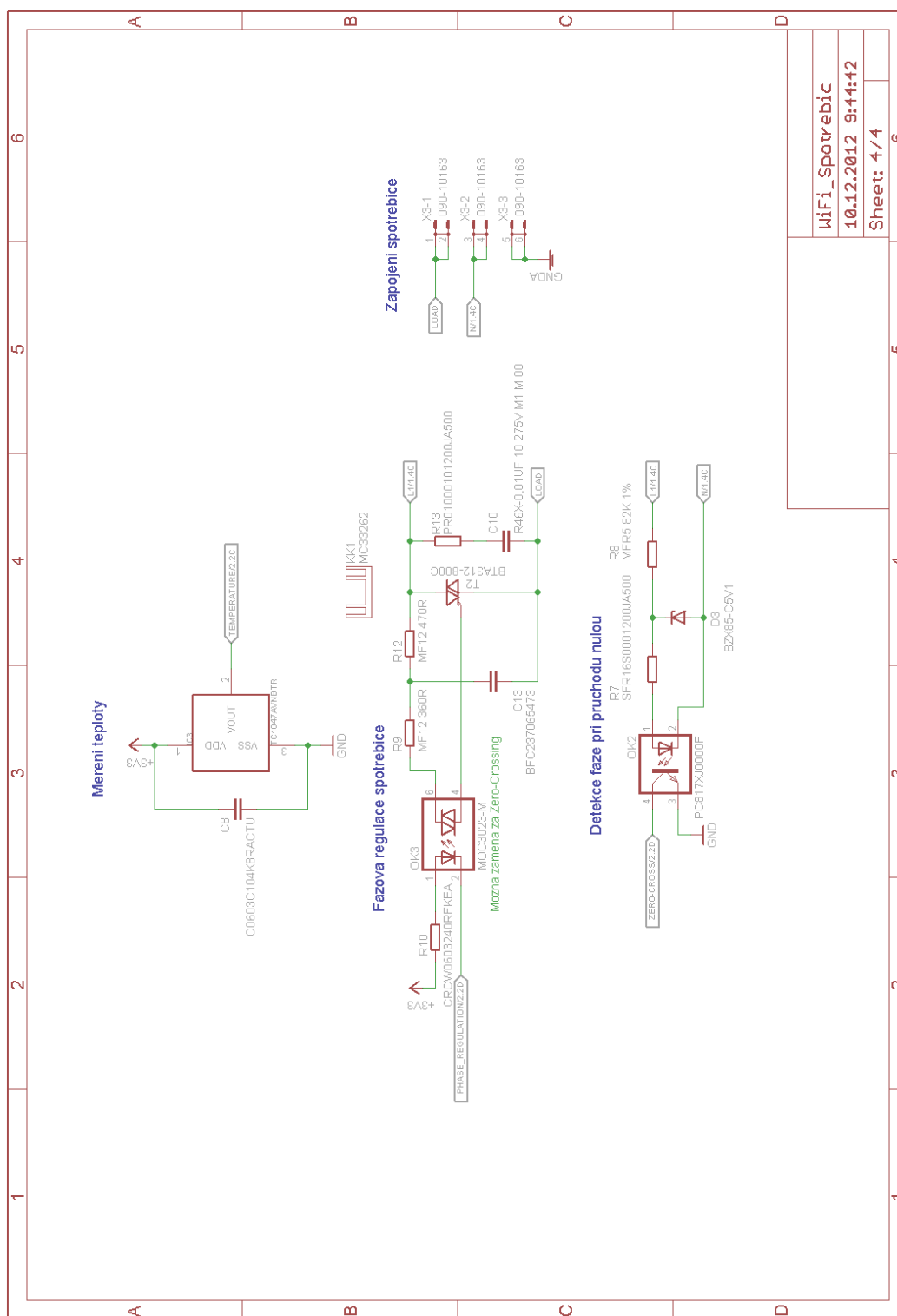


obr. 42 - Schématické zapojení napájecího zdroje



obr. 43 - Schématické zapojení mikroprocesoru





obr. 45 - Schématické zapojení triaku, detekce průchodu napětí nulovou hodnotou, měření teploty

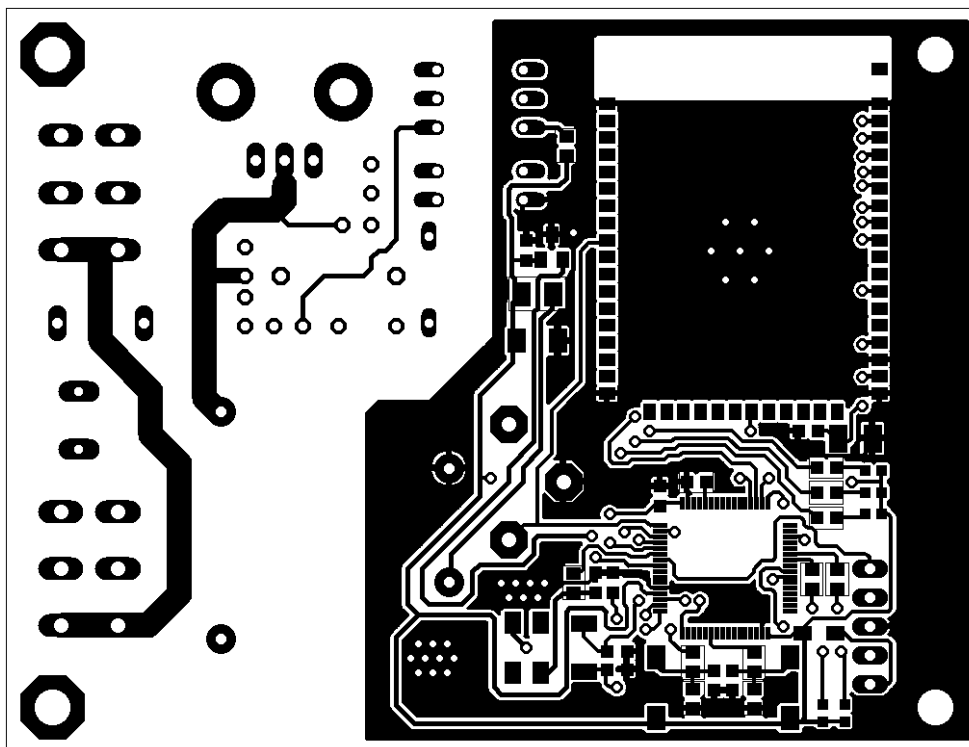


tab. 3 - Seznam součástek

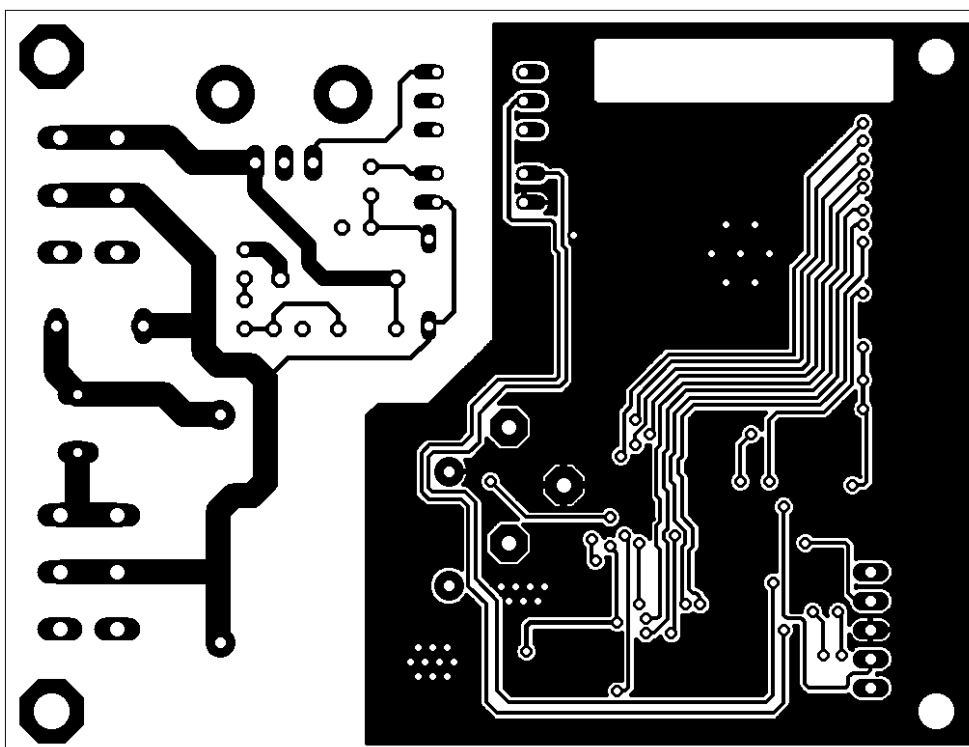
| Součástka | Typ součástky | Pouzdro | List |
|-----------|-----------------------------|------------------|------|
| C1 | C0603C104K8RACTU | C0603K | 2 |
| C2 | C0603C200J5GACTU | C0603K | 2 |
| C3 | C0603C200J5GACTU | C0603K | 2 |
| C4 | C0603C689C1GACTU | C0603K | 2 |
| C5 | C0603C689C1GACTU | C0603K | 2 |
| C6 | C0603C104K8RACTU | C0603K | 3 |
| C7 | C0603C104K8RACTU | C0603K | 2 |
| C8 | C0603C104K8RACTU | C0603K | 4 |
| C10 | R46X-0,01UF 10 275V M1 M 00 | C102-054X133 | 4 |
| C11 | C0603C104K8RACTU | C0603K | 2 |
| C12 | TCJB157M004R0070 | SMC_B | 3 |
| C13 | BFC237065473 | C050-025X075 | 4 |
| D2 | BAT60JFILM | SOD323-W | 2 |
| D3 | BZX85-C5V1 | DO34Z7 | 4 |
| D4 | MMSZ5227B | SOD-123_MINI-SMA | 1 |
| F1 | MCMEF 6.3A 250V | 19560 | 1 |
| F2 | MC12CT.500 | M1206 | 1 |
| G2 | CR 2032 MFR RV | CR2032V | 2 |
| IC1 | WizFi220 | WZFI210/220 | 3 |
| IC2 | STM32F051R8T6 | LQFP64 | 2 |
| IC3 | TC1047AVNBTR | SOT-23 | 4 |
| LED1 | LNJ926W8CRA | CHIPLED_0603 | 3 |
| LED2 | LNJ926W8CRA | CHIPLED_0603 | 3 |
| LED3 | LNJ926W8CRA | CHIPLED_0603 | 3 |
| LED4 | LNJ237W82RA | CHIPLED_0603 | 2 |
| LED5 | LNJ337W83RA | CHIPLED_0603 | 2 |
| OK2 | PC817XJ0000F | DIL04 | 4 |
| OK3 | MOC3023-M | DIL06 | 4 |
| Q1 | ABMM2-8.000MHZ-E2-T | CTS406 | 2 |
| Q2 | ABS10-32.768KHZ-7-T | SMD_Q | 2 |
| R1 | B72210S0321K101 | P594 | 1 |
| R2 | ERJ3GEYJ224V | R0603 | 2 |
| R3 | CRCW0603390RJNEA | R0603 | 2 |
| R4 | MC 0.063W 0603 1% 100R | R0603 | 3 |
| R5 | MC 0.063W 0603 1% 100R | R0603 | 3 |
| R6 | MC 0.063W 0603 1% 100R | R0603 | 3 |
| R7 | SFR16S0001200JA500 | O204V | 4 |
| R8 | MFR5 82K 1% | O204V | 4 |
| R9 | MF12 360R | O204V | 4 |
| R10 | CRCW0603240RFKEA | R0603 | 4 |
| R11 | ERJ3GEYJ224V | R0603 | 2 |
| R12 | MF12 470R | O204V | 4 |
| R13 | PRO1000101200JA500 | O204V | 4 |
| R14 | RT0603FRE07270RL | R0603 | 2 |
| R15 | RT0603FRE07270RL | R0603 | 2 |
| R16 | CRCW0603100KFKEAHP | R0603 | 2 |
| R17 | ERJ3GEYJ331V | R0603 | 2 |
| R18 | ERJ3GEYJ331V | R0603 | 2 |
| S1 | DTSM-32S-B | DTSM-3 | 2 |
| S2 | DTSM-32S-B | DTSM-3 | 2 |
| SV1 | 2211S-05G | MA05-1 | 2 |
| T1 | Myrra 47121 | 1 | 1 |
| T2 | BTA312-800C | TO220BV | 4 |
| X1 | 090-10163 | SH5-3 | 1 |
| X3 | 090-10163 | SH5-3 | 4 |



Příloha B: Data k plošnému spoji



obr. 46 - Vrchní vrstva plošného spoje



obr. 47 - Spodní vrstva plošného spoje



Příloha C: Specifikace Wi-Fi modulu WizFi210 a mikroprocesoru STM32F051R8T6

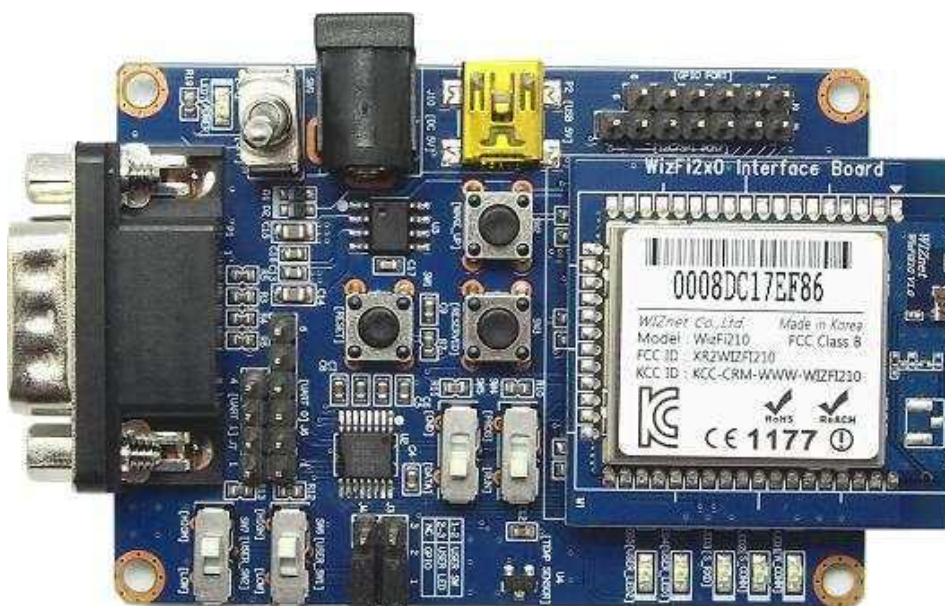
tab. 4 - Specifikace Wi-Fi modulu [18]

| Specifikace | Popis |
|---------------------------------|---|
| Bezdrátové protokoly | IEEE 802.11b/g/n kompatibilní |
| Podporované přenosové rychlosti | 11; 5,5; 2; 1 Mbps (IEEE 802.11b) |
| Modulace | DSSS a CCK |
| Šířka pásma RF | 2,4 – 2,497 GHz |
| Možnosti antén | Integrovaná anténa a U.FL konektor pro externí anténu |
| Síťové protokoly | UDP, TCP/IP (IPv4), DHCP, ARP, DNS, HTTP/HTTPS (SSL) klient s server |
| Elektrická spotřeba (typická) | Pohotovostní režim = 34,0 μ A; Příjem dat = 125,0 mA; Vysílání dat = 135,0 mA |
| Výstupní výkon RF (typický) | 8dBm \pm 1dBm |
| Zabezpečené protokoly | WEP, WPA/WPA2-PSK, Enterprise, EAP-FAST, EAP-TLS, EAP-TTLS, PEAP |
| Vstupně výstupní rozhraní | UART, SPI, I2C, WAKE, ALARM, GPIO |
| Napájení | 3,3V |
| Rozměry | 32 x 23,5 x 3 mm |

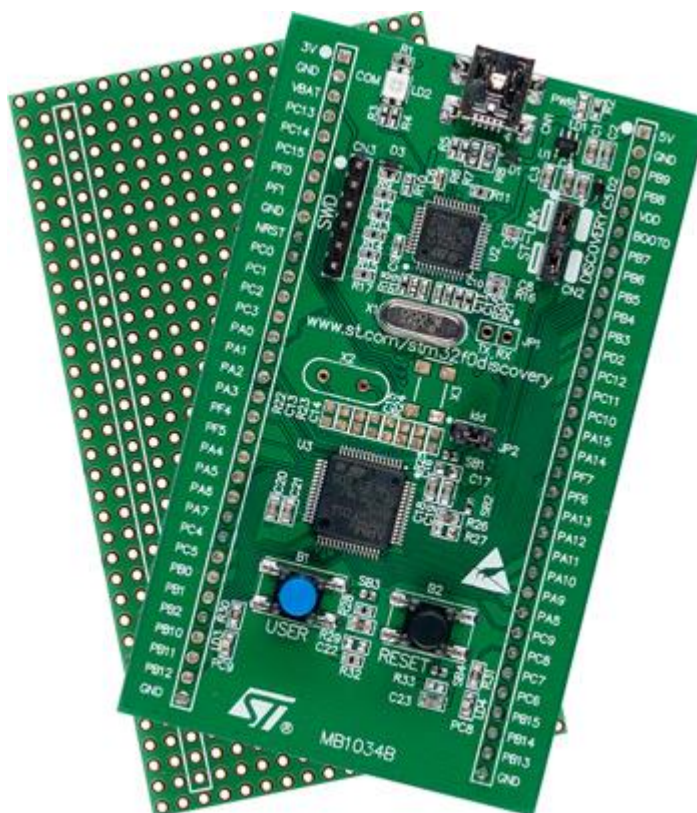
tab. 5 - Specifikace mikroprocesoru STM32F051R8T6 [25]

| Specifikace | Popis |
|-------------------------------|---|
| Jádro | ARM 32bit Corcex-M0 CPU, frekvence až 48 MHz |
| Paměti | Flash: 64 KB, SRAM: 8 KB s HW paritní kontrolou |
| Výpočetní jednotky | CRC výpočty |
| Vlastnosti napájení | Napájecí napětí: 2,0 až 3,6 V Reset při vypnutí či zapnutí napájecího obvodu Programovací detekce napětí Nízkoenergetické módy, uspávací, zastavovací a pohotovostní režim Podpora napájení z baterie pro RTC obvod a záloha registrů |
| Vlastnosti taktování | 4 až 32 MHz externí oscilátor 32 kHz oscilátor pro RTC s kalibrací Interní 8 MHz RC oscilátor s 6-ti násobným PLL Interní 40 kHz RC oscilátor |
| Vstupně výstupní periférie | 55 rychlých vstupů/výstupů Vše zmapováno externími přerušovacími vektory Až 36 vstupů/výstupů s 5 V tolerancí |
| Kontrolér | 5-kanálový DMA |
| Analogově digitální převodník | 1x12 bit, 1 μ s ADC, až 16 kanálů Převodní rozsah: 0 až 3,6 V Oddělené analogové napájení: 2,4 až 3,6 V |
| Senzor dotyku | Až 18 kapacitně senzitivních kanálů Lineární i rotační dotykový senzor |
| Časovač | Až 11 časovačů 1x16 bit, 7 kanálů. Pokročilé řízení časovače pro 6-kanálový PWM výstup s deadtime ochranou a nouzovým zastavením 1x32 bit a 1x16 bit časovače s 4xIC/OC využívající IR dekódování 1x16 bit časovač s 2xIC/OC, 1xOCN, deadtime ochrana a nouzové zastavení 2x16 bit časovače, každý obsahuje IC/OC a OCN, deadtime ochrana, nouzové zastavení a modulátor pro IR ovladač 1x16 bit časovač s 1xIC/OC Nezávislý a systémový watchdog časovač SysTick časovač: 24 bit, dekrementační 1x16 bit základní časovač pro řízení DAC |
| Reálný čas | Kalendář RTC s alarmem a periodickým vzbuzením z módu zastavení a pohotovostního. |
| Komunikační periférie | Až 2x \dot{F} C, jeden rychlý mód (1 Mb/s) se spotřebou 20 mA, SMBus/PMBus a vzbuzení z módu zastavení Až 2xUSART podporující Master synchronizaci SPI a kontrolu modemu, 1x podporující ISO7816, LIN, IrDA, automatická detekce Baud rychlosti a funkce vzbouzení Až dva SPI (18 Mb/s) s 4 až 16 programovatelnými bitovými rámci, 1x s \dot{F} S multiplexovaná periférie HDMI CEC periférie, vzbouzení |
| Ladění | JTAG, SWD |
| Unikátní ID | 96 bit unikátní ID |

Příloha D: Vývojové kity

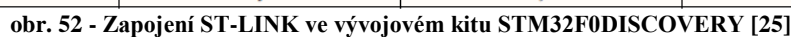


obr. 48 - Vývojový kit WizFi220-EVB [18]



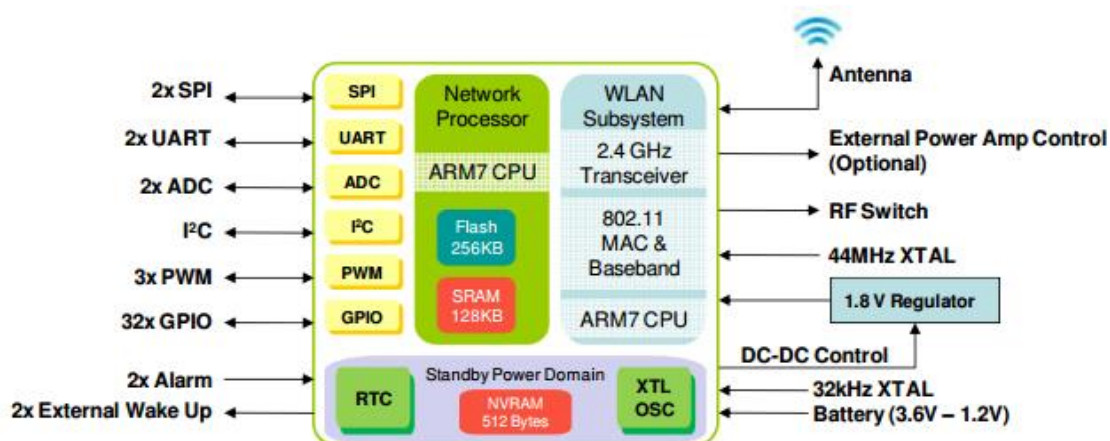
obr. 49 - Vývojový kit STM32F0DISCOVERY [25]

82

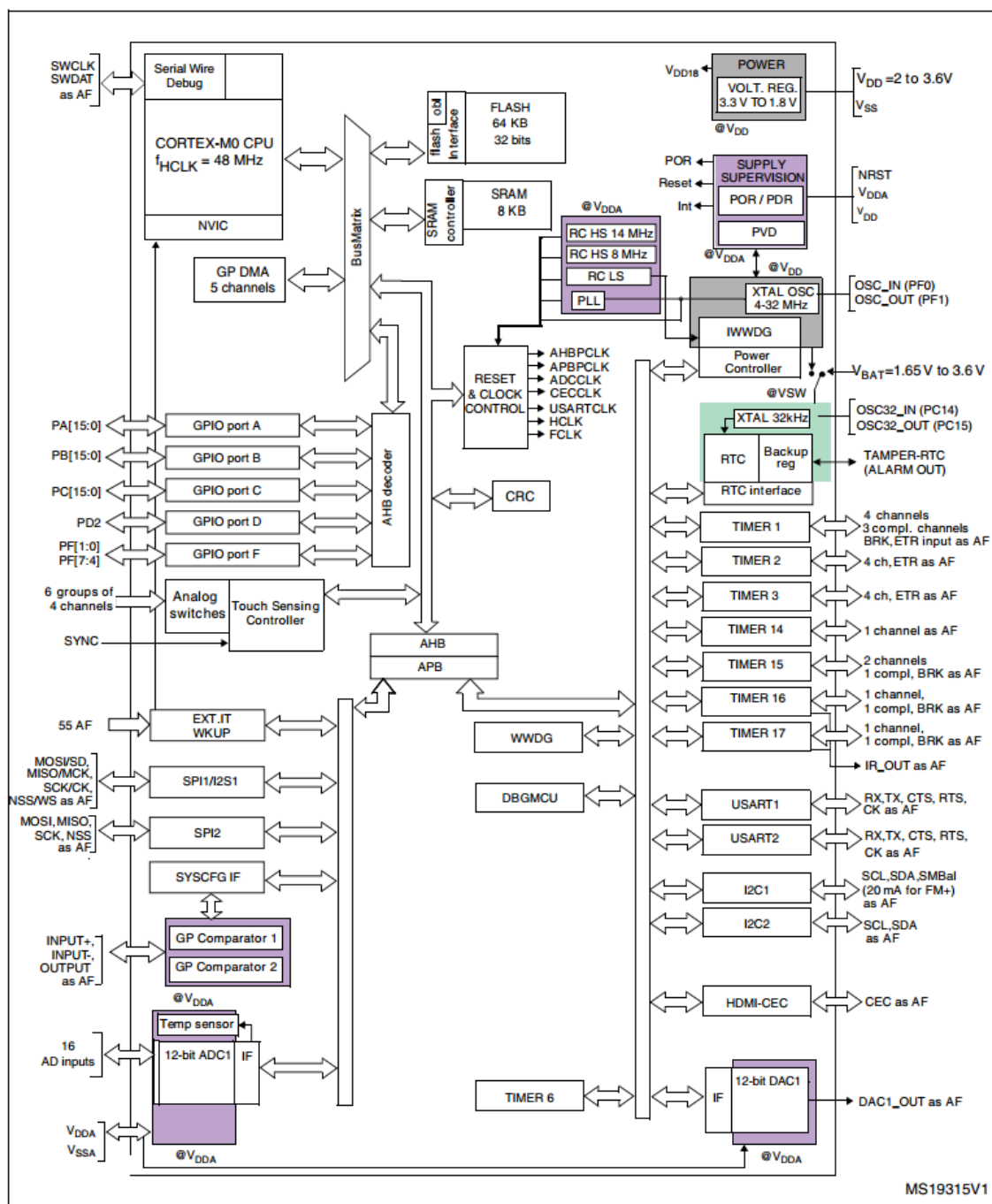




Příloha F: Blokové diagramy integrovaných obvodů



obr. 53 - Blokový diagram obvodu GS1011 osazený v modulu WizFi210 [26]



obr. 54 - Blokový diagram mikroprocesoru STM32F051R8T6 [25]



Příloha G: Obsah přiloženého CD

- Diplomová práce
 - Název souboru: Diplomová práce
 - Formáty: DOCX, PDF, XPS
- Schémata a desky plošných spojů
 - Název souboru: Wi-Fi_Spotrebic
 - Formát: SCH (Eagle 5.4)
 - Název souboru: Wi-Fi_Spotrebic
 - Formát: BRD (Eagle 5.4)
 - Gerbery
 - Názvy souborů: bot, mill, plb, plt, pth, smb, smt, top
 - Formáty: GBR, GPI, DRI, EXC
 - PDF
 - Názvy souborů: WiFi_Spotrebic_BOTTOM, WiFi_Spotrebic_SCH, WiFi_Spotrebic_TOP
 - Formát: PDF
- Programy a aplikace
 - ElitronicApp
 - Obsahuje zdrojové kódy a binární kód (ADT)
 - STM32F0_WizFi
 - Obsahuje zdrojové kódy a binární kód (Atollic TrueSTUDIO for ARM Lite 3.2.0)
 - TCP_Server_Marvin
 - Obsahuje zdrojové kódy a binární kód (Microsoft Visual Studio 2010)